

Bijlage 4.1: Ligging terrein




Bron: google maps



LEGENDE	
Terreinmerken	Staalname
— Grens site Carcoke	⊙ Peilbuis + nr
— Deelzones site Carcoke	— Grens tussen ontgraven tot -2 m-mv en tot -4 m-mv
— Kadastrale perceelgrens	▨ Ontgraven tot 4 m-mv
— Kadastraal perceelnummer	▨ Ontgraven tot 3 m-mv
▨ Oppervlaktewater	▨ Ontgraven tot 2 m-mv
▨ Nieuw trace zijdelingse vaart	▨ Ontgraven tot 1 m-mv
Verontreiniging	▨ Ontgraven tot 0,5 m-mv
□ < Richtwaarde	▨ Niet ontgraven omwille van stabiliteitstechnische redenen (aanwezigheid gasleidingen, gebouwen, openbare weg)
▨ -x,x Overschrijding richtwaarde met indicatieve diepte	
▨ -x,x Overschrijding bodemsaneringsnorm met indicatieve diepte	
▨ -x,x Overschrijding terugsaneerwaarde met indicatieve diepte	
▨ Geen analyse beschikbaar	
▨ Verontreiniging ter hoogte van perceelgrens (contour bodemsaneringsnorm)	

Uitgave	Datum	Omschrijving wijziging	Referentieplannen:
0	04/05/2017	Opmaken plan	


OVAM
 Opdrachtgever:
 Bodemsaneringswerken - Lisseweegsesteenweg 12, Zeebrugge - OVAM

Restverontreiniging met BTEX in het vaste deel van de aarde

Projectnummer:	Plannummer:	Uitvoering	Tekening	Concept
15859	P03	Uitvoering	PG	MPE
		Controle		



LEGENDE

Terreinmerken

- Grens site Carcoke
- Deelzones site Carcoke
- Kadastrale perceelgrens
- Kadastraal perceelnummer
- Oppervlaktewater
- Nieuw trace zijdelingse vaart

Verontreiniging

- < Richtwaarde
- X.X Overschrijding richtwaarde met indicatieve diepte
- >X.X Overschrijding bodemsaneringsnorm met indicatieve diepte
- X.X.X Overschrijding terugsaerwaarde met indicatieve diepte
- Geen analyse beschikbaar
- Verontreiniging ter hoogte van perceelgrens (contour bodemsaneringsnorm)


Staalname

- Peilbuis + nr

Ontgraving

- Grens tussen ontgraven tot -2 m-mv en tot -4 m-mv
- Ontgraven tot 4 m-mv
- Ontgraven tot 3 m-mv
- Ontgraven tot 2 m-mv
- Ontgraven tot 1 m-mv
- Ontgraven tot 0,5 m-mv
- Niet ontgraven omwille van stabieltechnische redenen (aanwezigheid gasleidingen, gebouwen, openbare weg)

Uitgave		Datum		Omschrijving wijziging		Referentieplannen:	
0	04/05/2017	Opmaken plan					



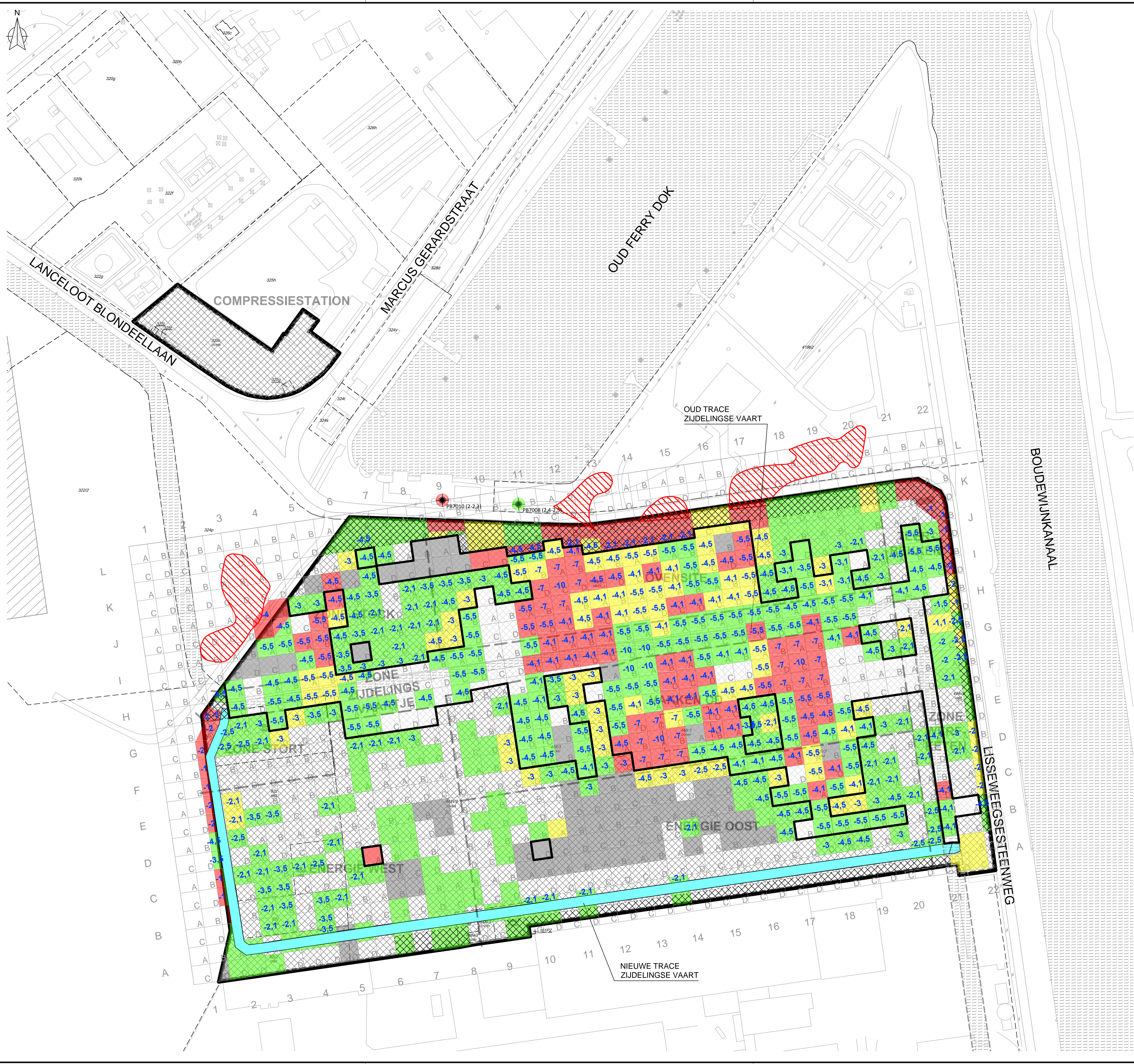
OVAM

Opdrachtgever:

Opdracht: Bodemsaneringswerken - Lissewegsesteenweg 12, Zeebrugge - OVAM

Restverontreiniging met minerale olie in het vaste deel van de aarde

Projectnummer:	15859	Plannummer:	P01	Tekening:	PG	Concept:	MPE
				Uitvoering:			
				Controle:			



LEGENDE

Terreinmerken

- Grens site Carcoke
- Deelzones site Carcoke
- Kadastrale perceelgrens
- Kadastraal perceelnummer
- Oppervlaktewater
- Nieuw trace zijdelingse vaart

Verontreiniging

- < Richtwaarde
- X.X Overschrijding richtwaarde met indicatieve diepte
- X.X Overschrijding bodemsaneringsnorm met indicatieve diepte
- X.X Overschrijding terugsaneerwaarde met indicatieve diepte
- Geen analyse beschikbaar
- Verontreiniging ter hoogte van perceelgrens (contour bodemsaneringsnorm)


Staalname

- Peilbuis + nr

Ontgraving

- Grens tussen ontgraven tot -2 m-mv en tot -4 m-mv
- Ontgraven tot 4 m-mv
- Ontgraven tot 3 m-mv
- Ontgraven tot 2 m-mv
- Ontgraven tot 1 m-mv
- Ontgraven tot 0,5 m-mv
- Niet ontgraven omwille van stabiliteitsredenen (aanwezigheid gasleidingen, gebouwen, openbare weg)

Uitgave	Datum	Omschrijving wijziging	Referentieplannen:
0	04/05/2017	Opmaken plan	



OVAM

Opdrachtgever:

Opdracht: Bodemsaneringswerken - Lissewegsesteenweg 12, Zeebrugge - OVAM

Restverontreiniging met PAK's in het vaste deel van de aarde

Projectnummer:	Plannummer:	Tekening	Concept
15859	P02	Uitvoering Controle	PG MPE



LEGENDE	
Terreinmerken	Ontgraving
— Grens site Carcoke	Grens tussen ontgraven tot -2 m-mv en tot -4 m-mv
— Deelzones site Carcoke	Ontgraven tot 4 m-mv
— Kadastrale perceelgrens	Ontgraven tot 3 m-mv
448v3 Kadastraal perceelnummer	Ontgraven tot 2 m-mv
Oppervlaktewater	Ontgraven tot 1 m-mv
Nieuw trace zijdelingse vaart	Ontgraven tot 0,5 m-mv
Restverontreiniging	Niet ontgraven omwille van stabiele technische redenen (aanwezigheid gasleidingen, gebouwen, openbare weg)
Restverontreiniging teer	

Uitgave	Datum	Omschrijving wijziging	Referentieplannen:
0	04/05/2017	Opmaken plan	



OVAM

Opdrachtgever:
Opdracht: Bodemsaneringswerken - Lissewegsesteenweg 12, Zeebrugge - OVAM

Restverontreiniging teer

Projectnummer:	15859	Plannummer:	P06	Uitvoering	Tekening	Concept
				Controlé	PG	MPE

Zone met teerbrokken 0-2 m-mv

Zone teerbrokken tot 2 m-mv

Puur product in peilbuis met filter 11-12 m-mv

Indicatie puur product 9-11 m-mv (olie aan bemosteringslang)

Zone met een harde laag teer 0-1 m-mv en teerbrokken 1-2 m-mv



LEGENDE		Staalname	
Terreinmerken		Peilbuis + nr	
	Grens site Carcoke		x
	Deelzones site Carcoke		
	Kadastrale perceelgrens		
	Kadastraal perceelnummer		
	Oppervlaktewater		
	Nieuw trace zijdelingse vaart		
Verontreiniging		Ontgraving	
	< Richtwaarde		Grens tussen ontgraven tot -2 m-mv en tot -4 m-mv
	Overschrijding richtwaarde met indicatieve diepte		Ontgraven tot 4 m-mv
	Overschrijding bodemsaneringsnorm met indicatieve diepte		Ontgraven tot 3 m-mv
	Overschrijding terugsanerwaarde met indicatieve diepte		Ontgraven tot 2 m-mv
	Geen analyse beschikbaar		Ontgraven tot 1 m-mv
			Ontgraven tot 0,5 m-mv
			Niet ontgraven omwille van stabiliteitstechnische redenen (aanwezigheid gasleidingen, gebouwen, openbare weg)

Uitgave	Datum	Omschrijving wijziging	Referentieplannen:
0	04/05/2017	Opmaken plan	



OVAM

Opdrachtgever:
Opdracht: Bodemsaneringswerken - Lisseweegsesteenweg 12, Zeebrugge - OVAM

Restverontreiniging met cyanide in het vaste deel van de aarde

Projectnummer:	Plannummer:	Uitvoering	Tekening	Concept
15859	P04	Uitvoering	PG	MPE
		Controle		



LEGENDE	
Terreinkenmerken	Staalname
— Grens site Carcoke	⊗ Peilbuis + nr
— Deelzones site Carcoke	Ontgraving
— Kadastrale perceelgrens	▨ Grens tussen ontgraven tot -2 m-mv en tot -4 m-mv
448v3 Kadastraal perceelnummer	▨ Ontgraven tot 4 m-mv
▨ Oppervlaktewater	▨ Ontgraven tot 3 m-mv
▨ Nieuw trace zijdelingse vaart	▨ Ontgraven tot 2 m-mv
Verontreiniging	▨ Ontgraven tot 1 m-mv
▨ < Richtwaarde	▨ Ontgraven tot 0,5 m-mv
▨ -x,x Overschrijding richtwaarde met indicatieve diepte	▨ Niet ontgraven omwille van stabiliteitstechnische redenen (aanwezigheid gasleidingen, gebouwen, openbare weg)
▨ -y,x,x Overschrijding bodemsaneringsnorm met indicatieve diepte	
▨ -x,x,x Overschrijding teruganeerwaarde met indicatieve diepte	
▨ Geen analyse beschikbaar	

Uitgave	Datum	Omschrijving wijziging	Referentieplannen:
0	04/05/2017	Opmaken plan	



OVAM

Opdrachtgever:
Opdracht: Bodemsaneringswerken - Lisseweegsesteenweg 12, Zeebrugge - OVAM

Restverontreiniging met zware metalen in het vaste deel van de aarde

Projectnummer:	15859	Plannummer:	P05	Uitvoering	Tekening	Concept
				Controlé	PG	MPE

- b7115
- b7114
- b7113
- b7112
- b7111
- b7110
- b7109
- b7108
- b7107
- b7106
- b7105
- b7104
- b7103
- b7102
- b7101

parking

P7201A P7201A
P7201 P7202

- En7021
- En7022
- En7023
- En7024
- En7025
- En7026
- En7027
- En7028
- En7030
- En7031
- En7032
- En7033

- p6006
- p6007

- p6010
- p6009

- Oepd
- En7001
- p6012

- En7002
- En7007

p5001a

- En7004
- En7009

- En7005
- OEP

- En7010 OEP

- p5002a

- p6018

- p6019

- p3007a

- p3008a

- p5011a

- p5006a

- p6022

- p7203
- p7203a

- p6015

- p666014



Legende

Boringen voorgaande bodemonderzoeken:

- Naam boring/peilbuis

Boringen exploratief bodemonderzoek:

- Naam boring/peilbuis

Meetpunten EnISSA meetcampagne:

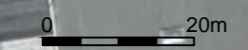
- Naam meetpunt

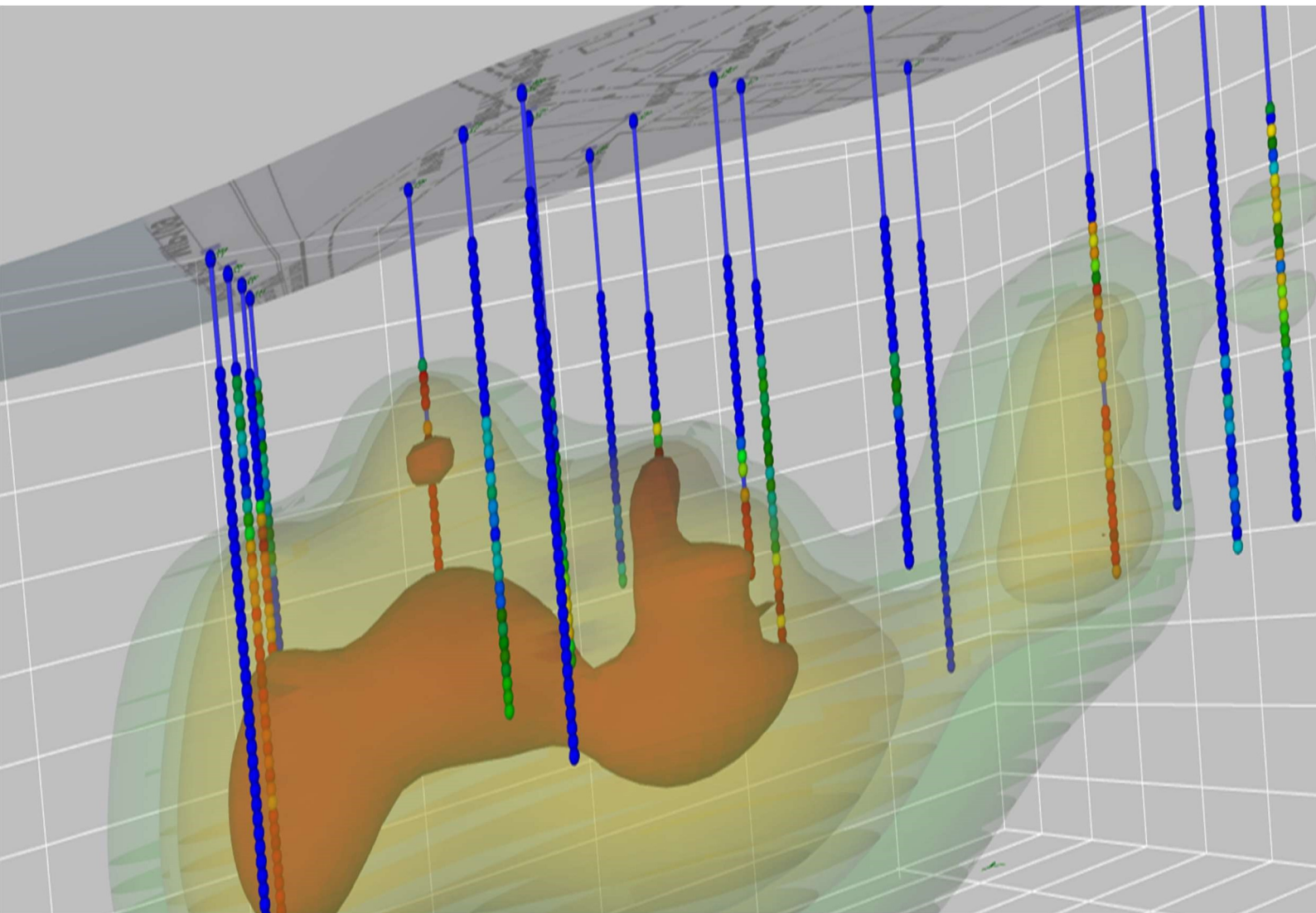
exploratief bodemonderzoek overzichtsplan

terrein:
OVAM
-
8380 BRUGGE (Zeebrugge)
projectleider: Martijn Naert

Witteveen+Bos Belgium N.V.
Gorislaan 49
1820 Steenokkerzeel | België
+32 (0)2 759 59 30
belgium@witteveenbos.com
www.witteveenbos.be

datum:
12/02/2019
projectnr:
111166_EBO
schaal:
1/1.000
tekenaar:
GOOJ2





EnISSA meetcampagne

Onderzoekslocatie

Site Carcoke, Lisseweegsesteenweg 12

8380 Zeebrugge

OVAM

9 mei 2019

Project	EnISSA meetcampagne
Opdrachtgever	OVAM
Onderzoekslocatie	Site Carcoke, Lisseweegsesteenweg 12 8380 Zeebrugge
Datum	9 mei 2019
Projectcode	0000111166
Projectleider	Martijn Naert
Projectdirecteur	Samuel van Herreweghe
Auteur(s)	Martijn Naert
Gecontroleerd door	Pieter Buffel
Goedgekeurd door	Samuel van Herreweghe
Paraaf	
Adres	EnISSA Part of Witteveen+Bos Group Gorislaan 49 1820 Steenokkerzeel België t +32 (0)2 759 59 30 www.EnISSA.com RPR Brussel

Het kwaliteitsmanagementsysteem van EnISSA is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© EnISSA

Niets uit dit document mag worden veeveelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van EnISSA noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. EnISSA aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door EnISSA geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
2	ENISSA OIP SONDERING	6
2.1	Bodemopbouw met behulp van conductiviteitsmeting (Wenner-Dipool)	6
2.2	Bodemopbouw met behulp van HPT	7
2.3	EnISSA OIP methode	9
2.4	EnISSA OIP interpretatie	10
3	VELDWERK	11
4	RESULTATEN	12
4.1	Kwaliteitscontrole – Responstest	12
4.2	Korte bespreking resultaten	12
4.2.1	Terrein noordoosten	12
4.2.2	Centraal terrein	13
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	EnISSA OIP-log	
II	Liggingsplan EnISSA OIP's	

1

INLEIDING

In opdracht van OVAM werd een bodemonderzoek uitgevoerd op de Carcoke site, Lisseweegsesteenweg 12 te 8380, Zeebrugge met behulp van de EnISSA OIP methode. Doel van het onderzoek is het nagaan van de aanwezigheid en verspreiding van polycyclische aromatische koolwaterstoffen in de bodem.

Met het oog op het leveren van kwaliteitsvolle diensten, alsook vanuit duurzaam ondernemingschap, is ons bedrijf gecertificeerd voor de kwaliteitsbeheersystemen ISO 9001:2000 en VCA**. Voor de activiteiten als bodemdeskundige worden de normen alsook de deontologische code van de Belgische sectororganisatie VEB (www.veb.be) nageleefd en worden in Nederland de werkzaamheden uitgevoerd conform BRL 2000 (versie 5.0 d.d. 12/12/2013) en BRL 2100 (versie 3.3. d.d. 16/04/2015) (www.sikb.nl).

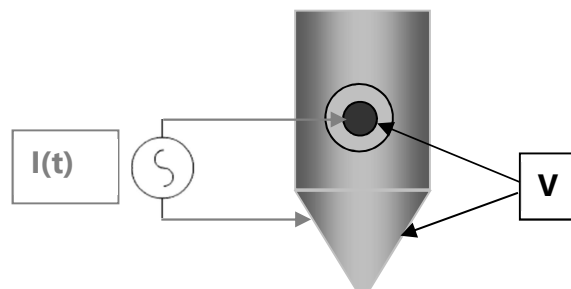
2

ENISSA OIP SONDERING

2.1 Bodemopbouw met behulp van conductiviteitsmeting (Wenner-Dipool)

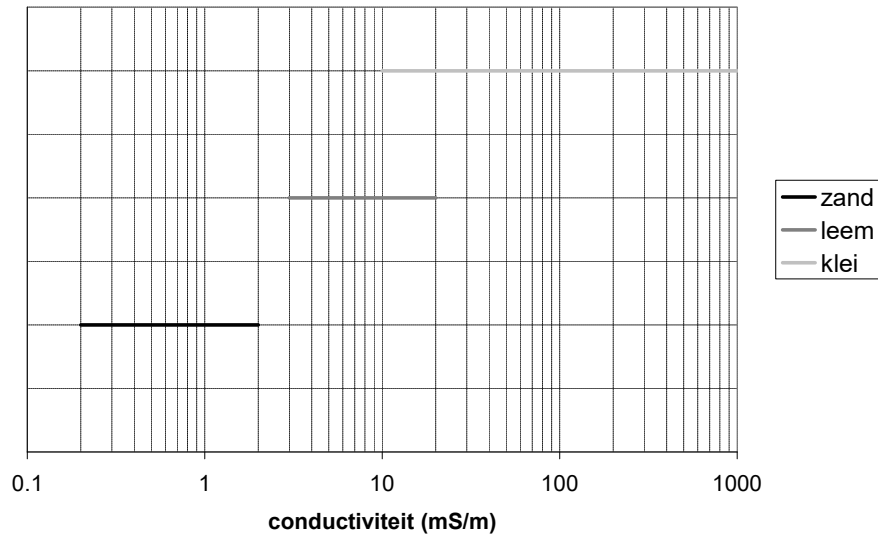
De opbouw van de bodem wordt opgemeten aan de hand van een conductiviteitsmeting (EC) met behulp van de Wenner-dipool. De meting steunt op een wisselstroom welke gaat van de centrale, geïsoleerde electrode van de Wenner-dipool naar het sondelichaam. De spanning welke optreedt als een gevolg van de aangelegde wisselstroom wordt gemeten. Deze spanning staat in relatie met de bodem-resistiviteit of de bodemconductiviteit.

Afbeelding 2.1 Principe Wenner-dipool



Over het algemeen kan gesteld worden dat klei een relatief hoge elektrische conductiviteit bezit terwijl zand een lage conductiviteit vertoont. De waarde voor silt en leem ligt hier tussen zoals blijkt uit Afbeelding 2.2.

Afbeelding 2.2 Geleidbaarheid voor zand, leem en klei

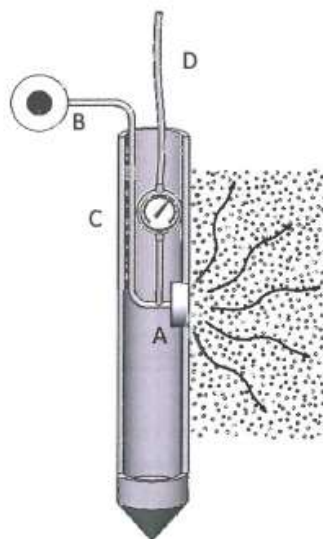


Een verandering van de conductiviteit van de bodem betekent steeds een variatie in de bodemkarakteristieken. De conductiviteit wordt beïnvloed door 1) de korrelgrootte, 2) de mineralogie van de bodemdeeltjes, 3) de eigenschappen van de poriënvloeistof.

2.2 Bodemopbouw met behulp van HPT

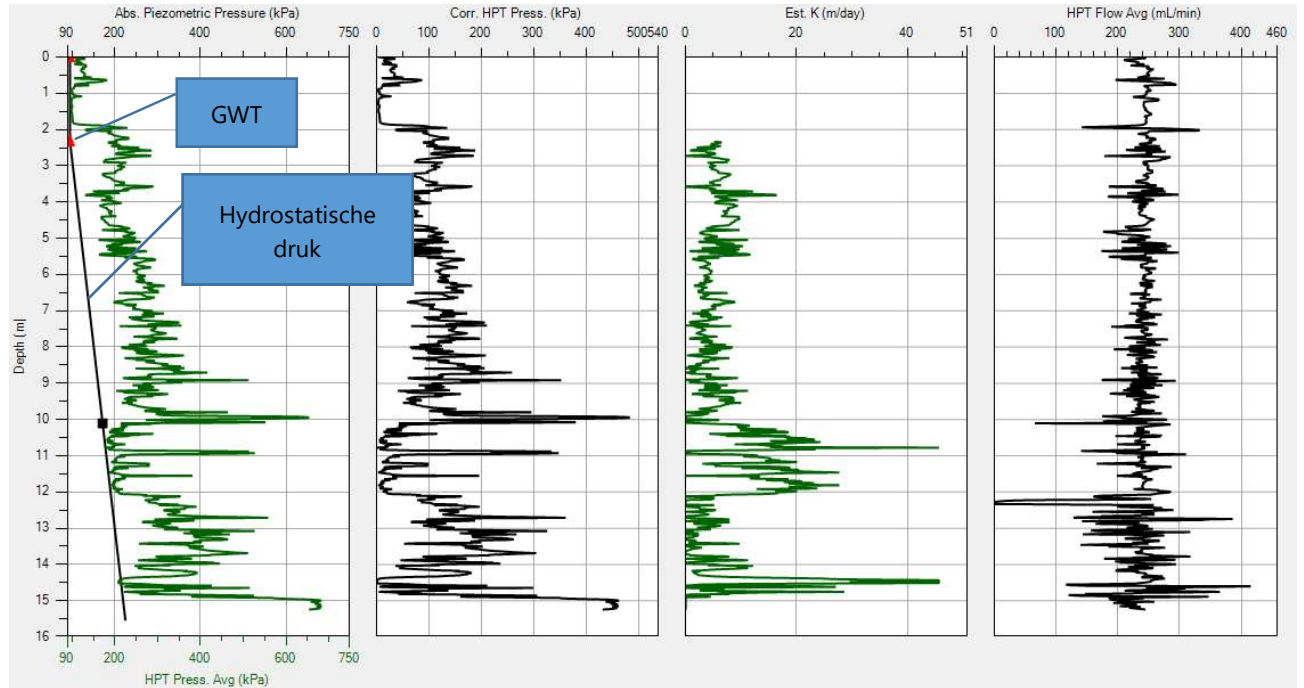
Bij HPT wordt de doorlaatbaarheid van de bodem gemeten aan de hand van continue waterinjectie. Deze waterinjectie (B) gebeurt aan een constant debiet van 250 ml/min door het HPT-screen (A). Tijdens deze injectie wordt door een drukmeter (C) in de sonde de druk gemeten die uitgeoefend dient te worden om dit constante debiet te halen. Een verhoging van de druk, nodig om dit constante debiet te halen wijst op een lagere doorlaatbaarheid (K). Een verlaging van deze druk wijst op een hogere doorlaatbaarheid. Als de doorlaatbaarheid zeer laag is, zodat het constant debiet niet gehaald kan worden desondanks de maximale pompdruk (600kPa) wordt het injectiewater via de bypass-leiding gerecupereerd.

Afbeelding 2.3 Opbouw HPT-sonde. HPT-screen (A), Wateraanvoerleiding (B), Drukmeter (C), Data kabel (D)



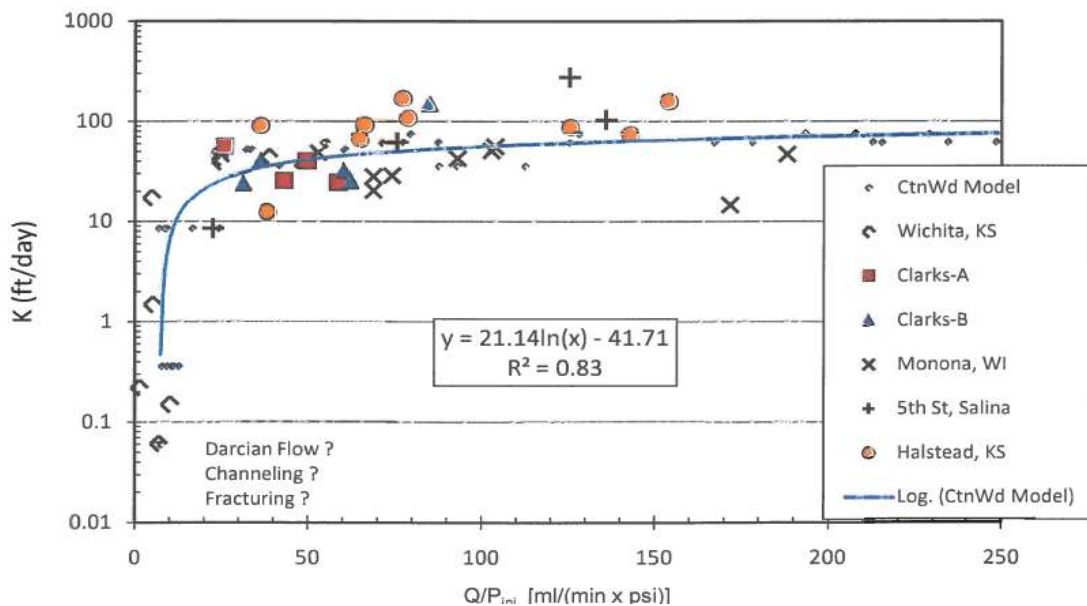
Bij de interpretatie van de HPT gegevens dient rekening te worden gehouden met de hydrostatische druk. Hiervoor wordt de exacte hoogte van de watertafel bepaald doormiddel van een dissipatie test. Voor deze test worden op een bepaalde diepte zowel de sondering als de waterinjectie tijdelijk gestaakt (5-15 min). Hierdoor zal het water in de waterinjectie leiding zich in evenwicht brengen met het grondwater. De drukmeter geeft in dit geval de hydrostatische druk aan op deze diepte, hieruit wordt de hoogte van de watertafel bepaald en dus de hydrostatische druk op elke diepte. De geregisteerde HPT druk wordt gecorrigeerd voor de met de diepte stijgende hydrostatische druk, zie figuur 2.4.

Afbeelding 2.4 Correlatie HPT druk en gecorrigeerde HPT druk



Uit de gecorrigeerde HPT druk kan men vervolgens een geschatte doorlaatbaarheid (K) afleiden aan de hand van het model beschreven in figuur 2.5.

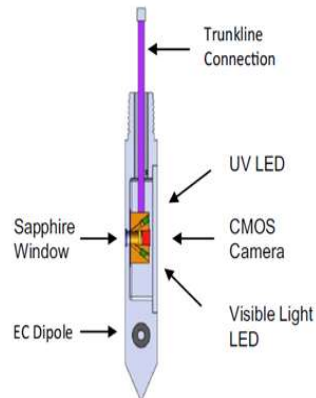
Afbeelding 2.5 Model geschatte doorlaatbaarheid ifv. gecorrigeerde HPT-druk



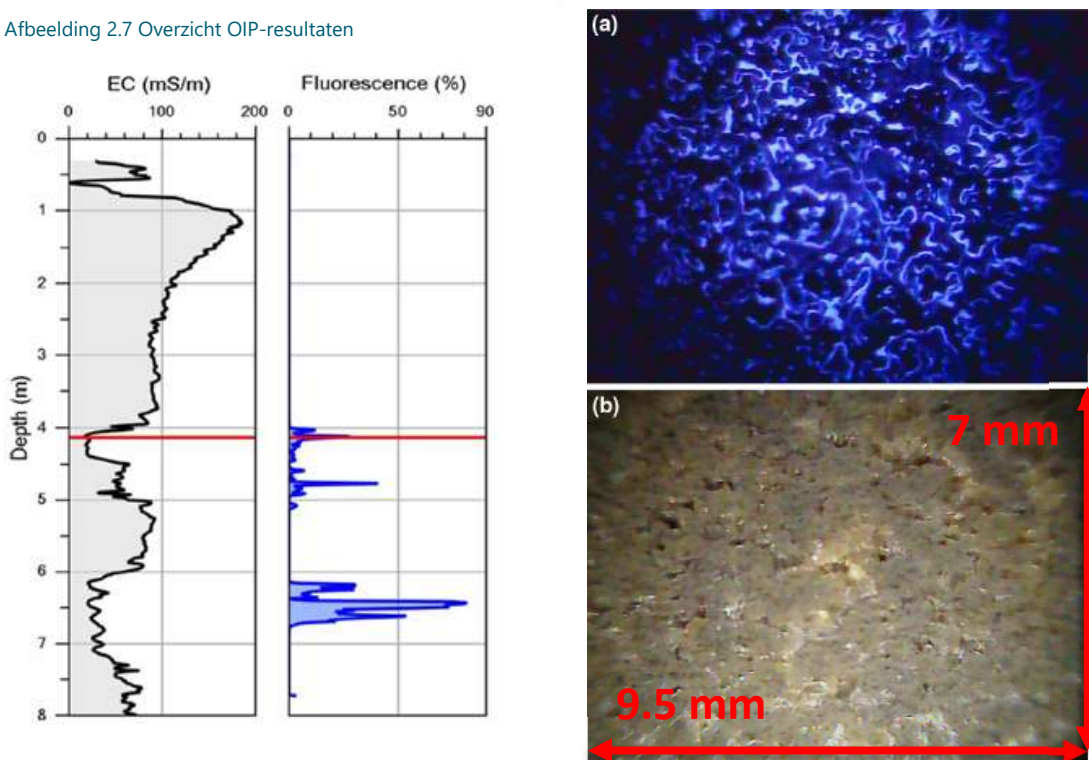
2.3 EnISSA OIP methode

De Optical Image Profiler sonde (OIP-UV) bestaat uit een 275-nm UV LED en een zichtbaar licht LED achter een saffieren venster samen met een CMOS camera (Afbeelding 2.6). Tijdens het sonderen schijnt enkel de UV LED en wordt er elke 2 cm een foto genomen van de ondergrond. Indien er polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) aanwezig zijn, zullen deze oplichten in het zichtbare gedeelte van het elektromagnetisch (EM) spectrum en dus met de CMOS camera gedetecteerd worden. Deze afbeeldingen worden dan geanalyseerd met een 2 steps digitale filter op basis van HSV (Hue, Saturation, Value) criteria om te zien of een pixel fluorescentie vertoont of niet. Vervolgens worden de resultaten uitgedrukt als een percentage van het aantal fluorescerende pixels.

Afbeelding 2.6 Overzicht OIP-probe



Afbeelding 2.7 Overzicht OIP-resultaten



Naast de standaard UV LED waarmee opnames gemaakt worden, kunnen er ook opnames gemaakt worden met een zichtbaar licht LED. Deze gebeuren automatisch bij elke stangenwissel (om de 1.2m) maar kunnen ook manueel gebeuren op elke gewenste diepte, om een beter beeld te vormen van de ondergrond.

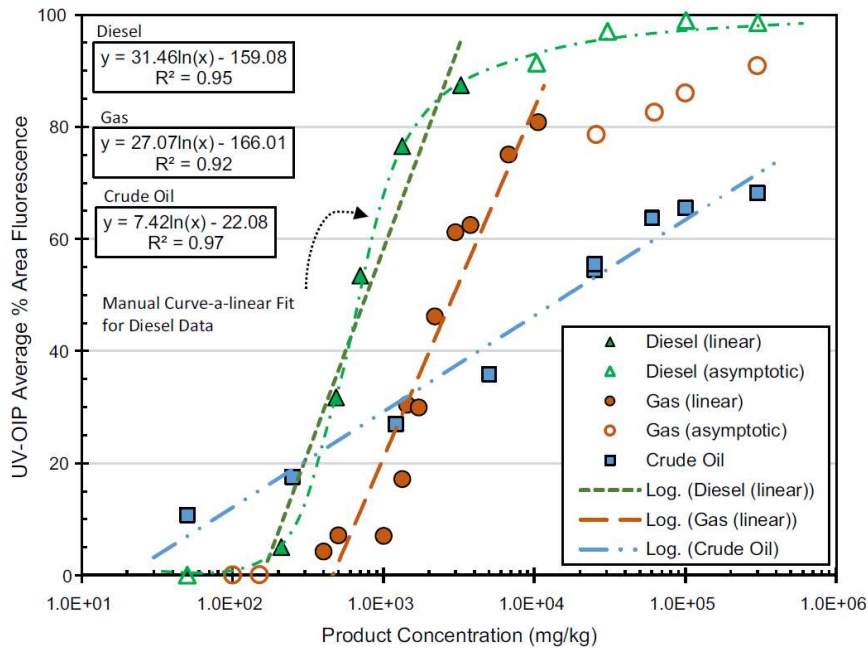
Er moet wel rekening mee gehouden worden dat zeer lichte moleculen (BTEX) niet fluoresceren in het zichtbaar licht en heel zware moleculen (teer, creosoot) een sterkere bron vereisen. In het eerste geval kan dan beter gebruik gemaakt worden van EnISSA-MIP en in het laatste geval zal dan eerder OIP green gebruikt

worden, welke een groene laser diode van 520 nm gebruikt, samen met een UV (Ultra-Violet) LED. Er kan in dit geval geen foto's gemaakt worden met zichtbaar licht omwille van een filter.

2.4 EnISSA OIP interpretatie

Om enig kader te geven hoe het OIP percentage in verhouding staat tot de concentratie verwijzen wij naar afbeelding 2.8. Hierbij werden er voor verschillende types PAK's curves opgesteld door gecontamineerd zand met wisselende concentraties voor het venster te houden.

Afbeelding 2.8 OIP signaal respons



De ondergrens toont aan dat eerder de niet opgeloste fase gedetecteerd wordt met een lineair verloop totdat een maximaal signaal bereikt wordt. In een fysieke context betekent dit dat de korreloppervlaktes meer en meer bedekt worden totdat alle oppervlaktes fluoresceren. Op dit moment wordt er een maximaal signaal bereikt. De concentratie waarbij dit bereikt wordt verschilt van contaminant tot contaminant.

3

VELDWERK

De sonderingen werden uitgevoerd door middel van een Geoprobe direct push machine op 19 tot 21 december door Martijn Naert en Ive de Wolf. Er werd niet manueel voorgeboord zodat er gemeten kon worden over het volledige profiel. Er werden boringen uitgevoerd op 2 zones binnen de site. Deze zullen dan ook apart besproken worden. Omwille van de aanwezigheid van gasleidingen in het noordoosten werden de betrokken bedrijven ingelicht en de leidingen door hen uitgetoond. Omwille van de toestand van het centraal gelegen terrein was het noodzakelijk om rijplaten te laten leggen. Initieel werd OIP-UV gebruikt met HPT metingen maar aangezien de verontreiniging op het terrein voornamelijk uit teer bestaat, werd er beslist om alleen OIP-green te gebruiken. In tabel 3.1 wordt een overzicht gegeven van de uitgevoerde sonderingen. De 'G' in de naam duidt op het gebruik van OIP-Green.

Tabel 3.1 Overzicht EnISSA MIP sonderingen

EnISSA OIP	Diepte EnISSA OIP-sondering (m-mv)	X-Coördinaten	Y-Coördinaten
7001G	15.2	68416.1	223535.0
7002G	13	68418.7	223519.2
7004G	11.8	68421.7	223502.8
7005G	8.2	68424.3	223488.1
7006G	15.2	68429.9	223537.5
7007G	13	68431.2	223521.2
7009G	13	68433.5	223503.2
7010G	8.2	68434.9	223485.1
7021G	8.2	68479.3	223635.3
7023G	8.2	68488.0	223634.9
7025G	8.2	68496.2	223634.1
7027G	8.2	68502.0	223625.2
7028G	8.2	68508.5	223619.8
7030G	8.2	68511.2	223614.1
7031G	8.1	68515.0	223606.2
7032G	8.1	68513.3	223597.7
7033G	8.5	68517.2	223590.1
7033	8.2	68517.2	223590.1
7035G	8.2	68509.2	223636.6

4

RESULTATEN

4.1 Kwaliteitscontrole – Responstest

Voorafgaand aan de sonderingen worden telkens 2 fluorescerende stoffen en 2 niet-fluorescerende oppervlaktes tegen het venster gehouden om het bereik van het systeem te testen.

4.2 Korte bespreking resultaten

4.2.1 Terrein noordoosten

Geologie	Voor de eerste 2 m-mv zijn er zeer hoge EC pieken waar te nemen. Dit soort hoge pieken zijn meestal toe te wijzen aan de aanwezigheid van metalen of assen. Tussen 2 en 6,5 m-mv zien we EC waarden rond de 100 mS/m, wat wijst op een fijnere korrelgrootte. Opvallend is hier soms de heel geleidelijke toename van EC waarden tussen 2 en 4 meter. Dit wijst op een geleidelijke afname in korrelgrootte. Onder 6,5 m-mv is er een afname in EC waarden tot 50 mS/m, wat wijst op een toename in de korrelgrootte. Voor punt 7033 is er ook HPT data voorhanden dat over het volledige profiel een eerder goede doorlaatbaarheid vertoont, afgezien van een laag rond 6 m-mv dat zeer slecht doorlatend is.
Verontreiniging	In de bovenste meters van de sonderingen wordt verontreiniging aangetroffen, maar de respons en de diepte vertonen geen regelmaat. De verontreiniging komt in alle sonderingen voor tussen 5 en 7 m-mv. Uitzondering hierop is 7023G waar er ook tussen 3 en 4,5 m-mv een sterke aanwezigheid is van verontreiniging. Punt 7032G vertoont een zware verontreiniging tussen 1,5 en 7,2 m-mv. Er werd opgemerkt dat bij het bovenhalen, de stangen en sonde besmeurd waren met teer voor punt 7032G. Dit heeft als gevolg dat het daaropvolgende punt (7031G) een hoger respons vertoont gedurende de eerste 3 meter dan misschien normaal aanwezig is.
Opmerking	Wegens de aanwezigheid van gasleidingen werden deze eerst door de beheerders uitgezet met paaltjes. Omwille van de aanwezigheid van kunststof gasleidingen kon er niet geboord worden tussen de metalen gasleiding en de Lanceloot Blondeellaan. Aangezien punt 7033G te dicht bij punt 7033 werd geplaatst, kon er geen goede registratie van de EC gebeuren, deze zal wel gelijklopend zijn aan de EC waardes van punt 7033.

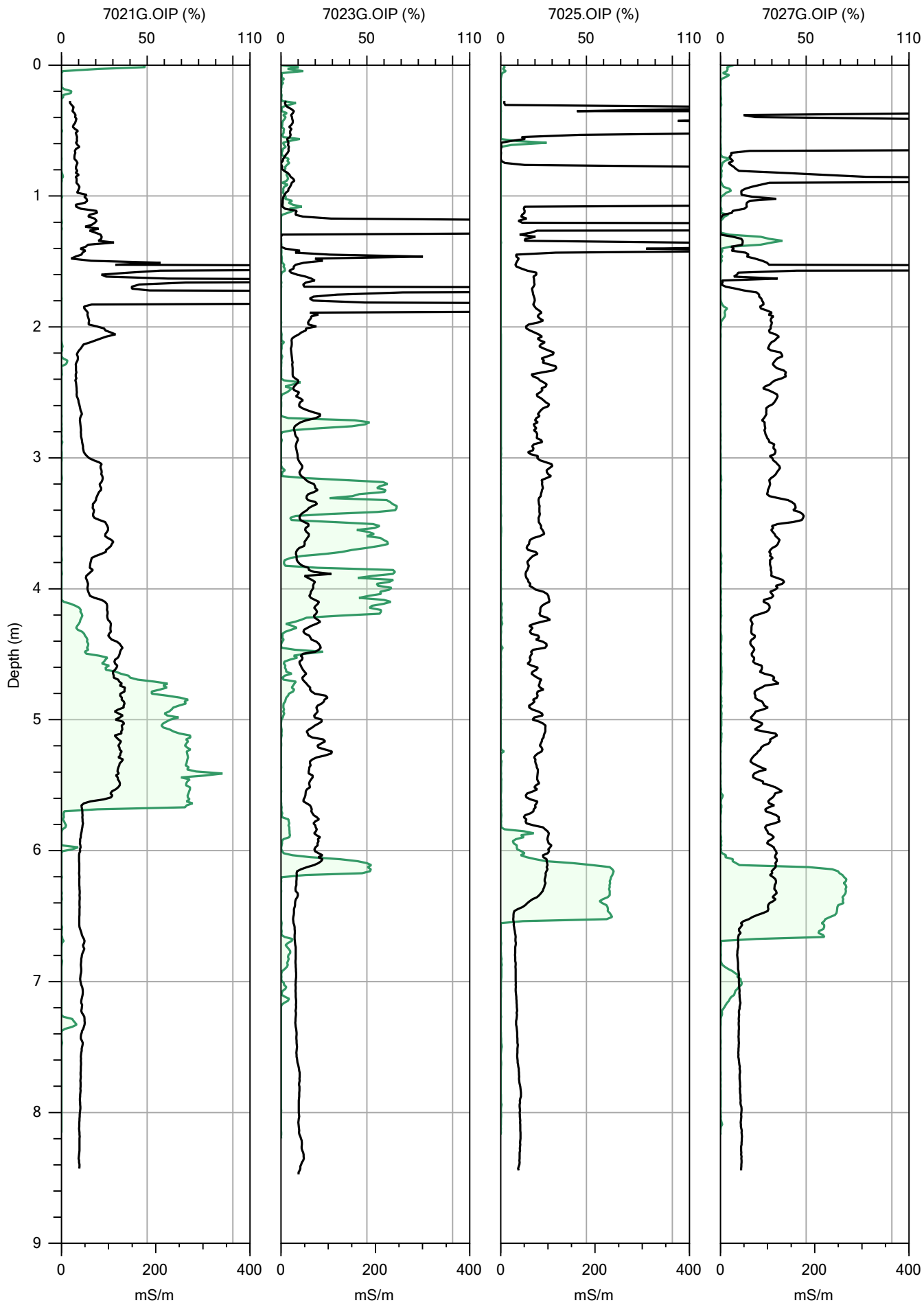
4.2.2 Centraal terrein

Geologie	Van de eerste 4 m-mv weten wij dat deze bestaat uit opgevulde grond. Op basis van observaties en lage EC waarden zien wij dat dit voornamelijk uit zand bestaat. Dieper dan 4 m-mv nemen de EC waarden snel toe, met voornamelijk hoge waarden rond 6 m-mv en tussen 9,5 en 13 m-mv, wat wijst op een fijnere korrelgrootte. Dieper dan 13 m-mv nemen de EC waarden terug af, wat wijst op een toename in korrelgrootte.
Verontreiniging	In de opgevulde grond is er nog een lage respons te zien, wat op een beperkte verontreiniging wijst. De eerste sterke aanwezigheid van verontreiniging zit rond 6 m-mv alsook rond 10 en 12,5 m-mv. Typisch zien we dat er een correlatie is tussen hoge EC waarden (fijnere korrelgroottes) en hoge fluorescentie percentages.
Opmerking	Voor het plaatsen van deze sonderingen moesten er eerst rijplaten gelegd worden.

Bijlage(n)

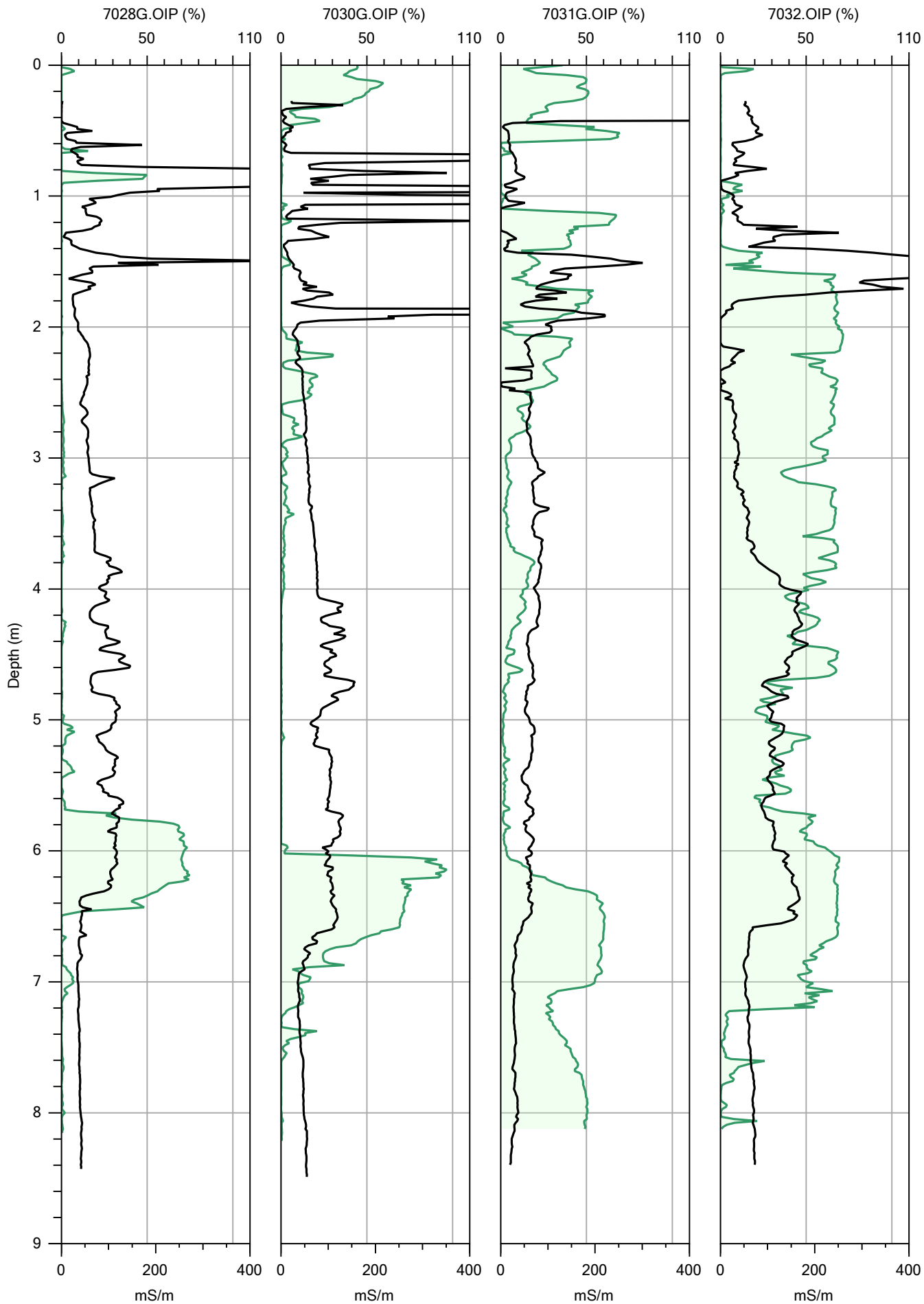


BIJLAGE: ENISSA OIP-LOG



Fluorescence / EC

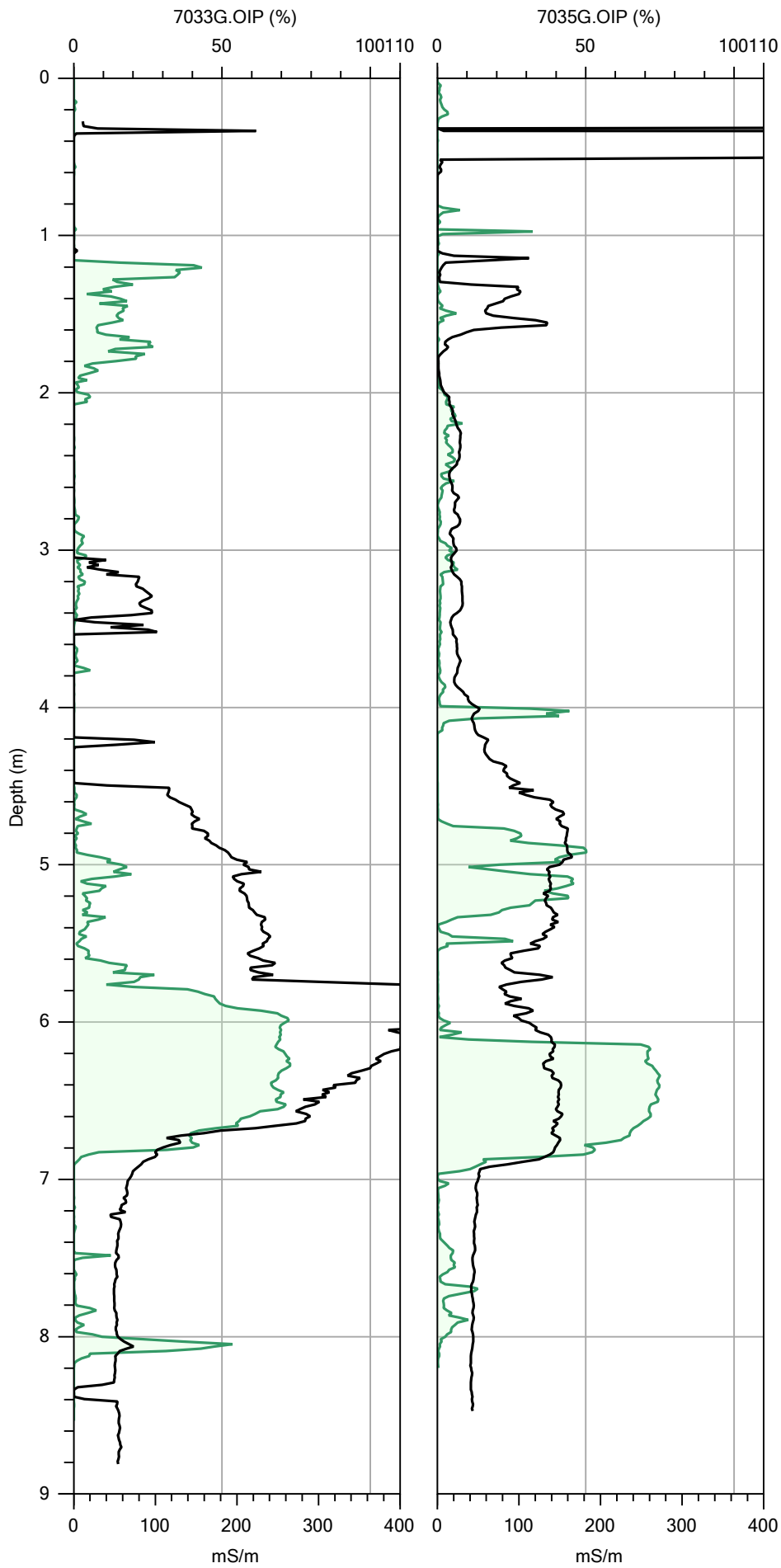
Company:	EnISSA	Operator:	NAEM	7021G.OIP	20-12-2018
Project ID:	000011166	Client:	OVAM	7023G.OIP	20-12-2018
				7025.OIP	20-12-2018
				7027G.OIP	20-12-2018



Fluorescence / EC

Company:	EnISSA	Operator:	NAEM
Project ID:	000011166	Client:	OVAM

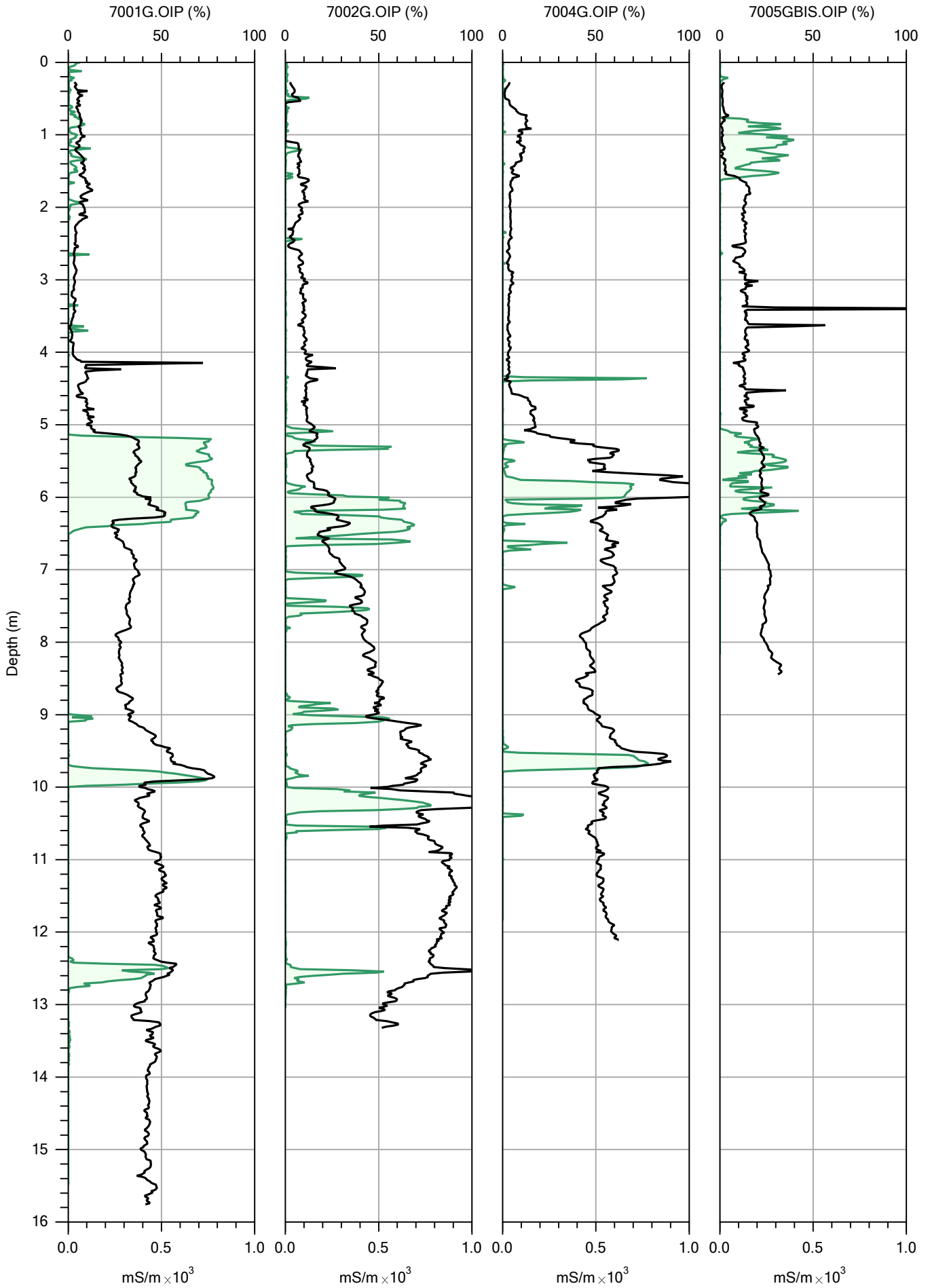
7028G.OIP	20-12-2018
7030G.OIP	20-12-2018
7031G.OIP	20-12-2018
7032.OIP	19-12-2018



Fluorescence / EC



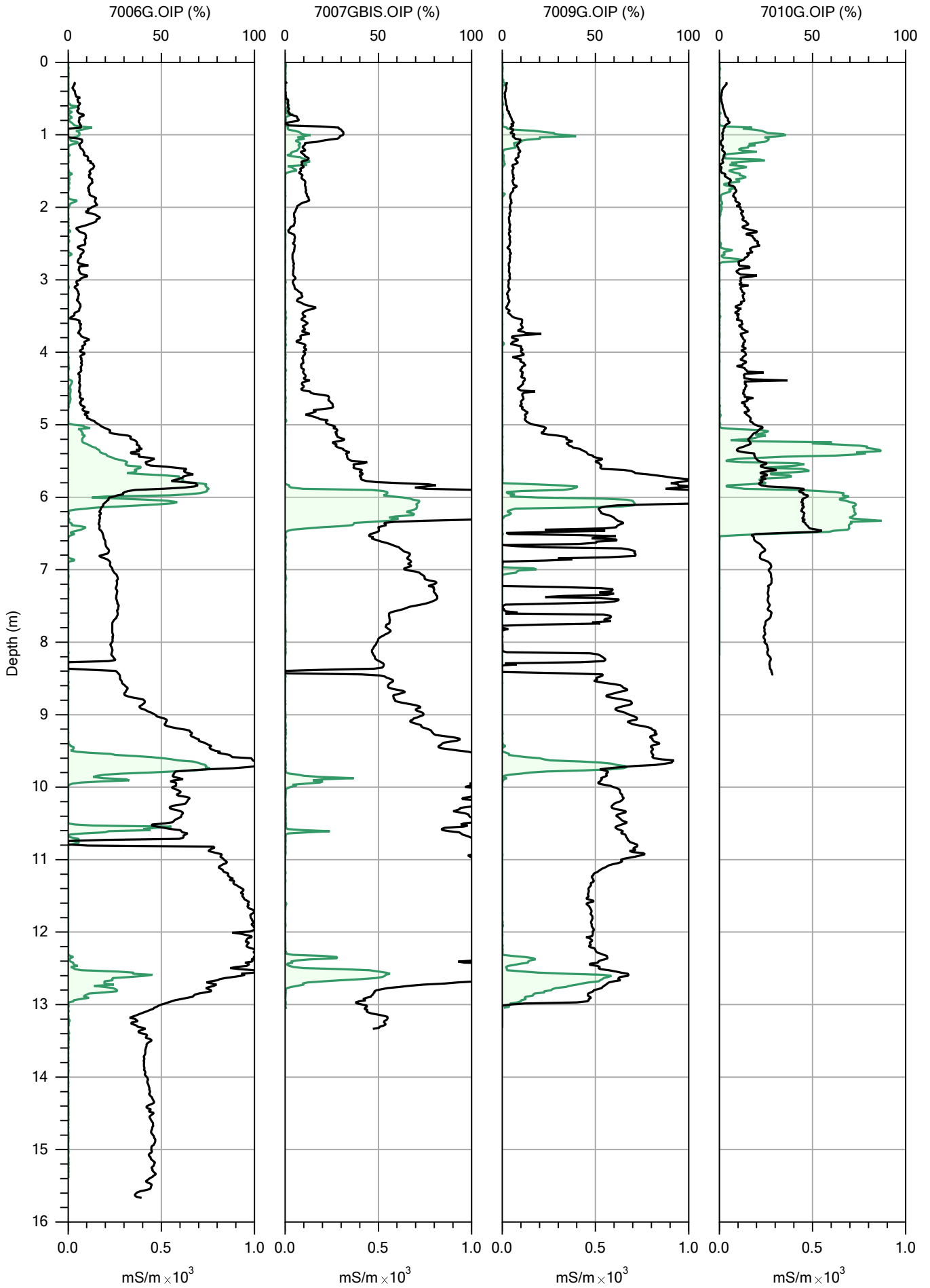
Company:	EnISSA	Operator:	NAEM	7033G.OIP 19-12-2018
Project ID:	0000111166	Client:	OVAM	7035G.OIP 20-12-2018



Fluorescence / EC

Company:	EnISSA	Operator:	NAEM
Project ID:	0000111166	Client:	OVAM

7001G.OIP	21-12-2018
7002G.OIP	21-12-2018
7004G.OIP	20-12-2018
7005GBIS.OIP	20-12-2018

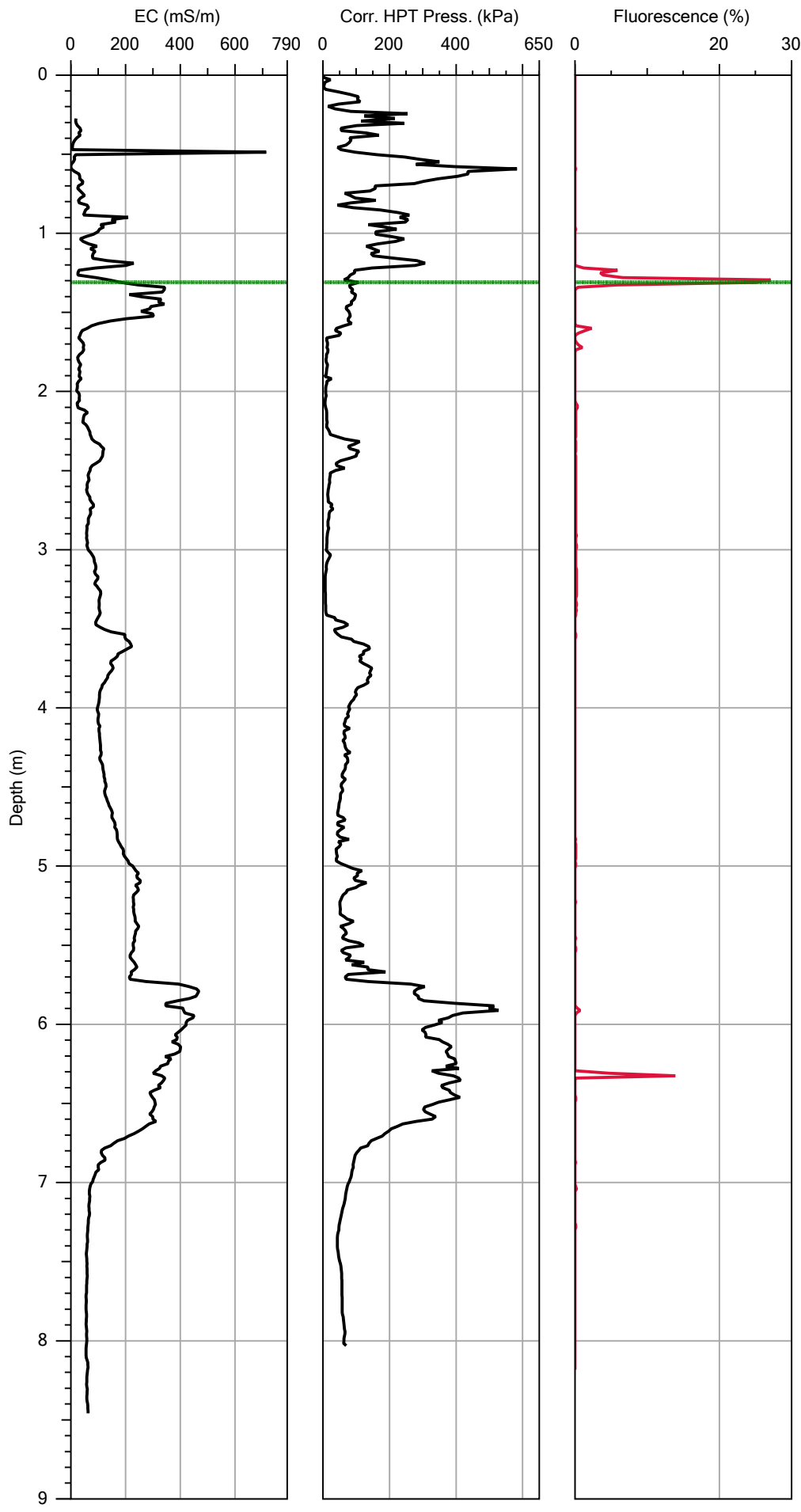


Fluorescence / EC

EnISSA
enhanced in-situ soil analysis

Company:	EnISSA	Operator:	NAEM
Project ID:	0000111166	Client:	OVAM

7006G.OIP	21-12-2018
7007GBIS.OIP	21-12-2018
7009G.OIP	21-12-2018
7010G.OIP	20-12-2018



DEPTH:
1.31 m

TYPE:
UV

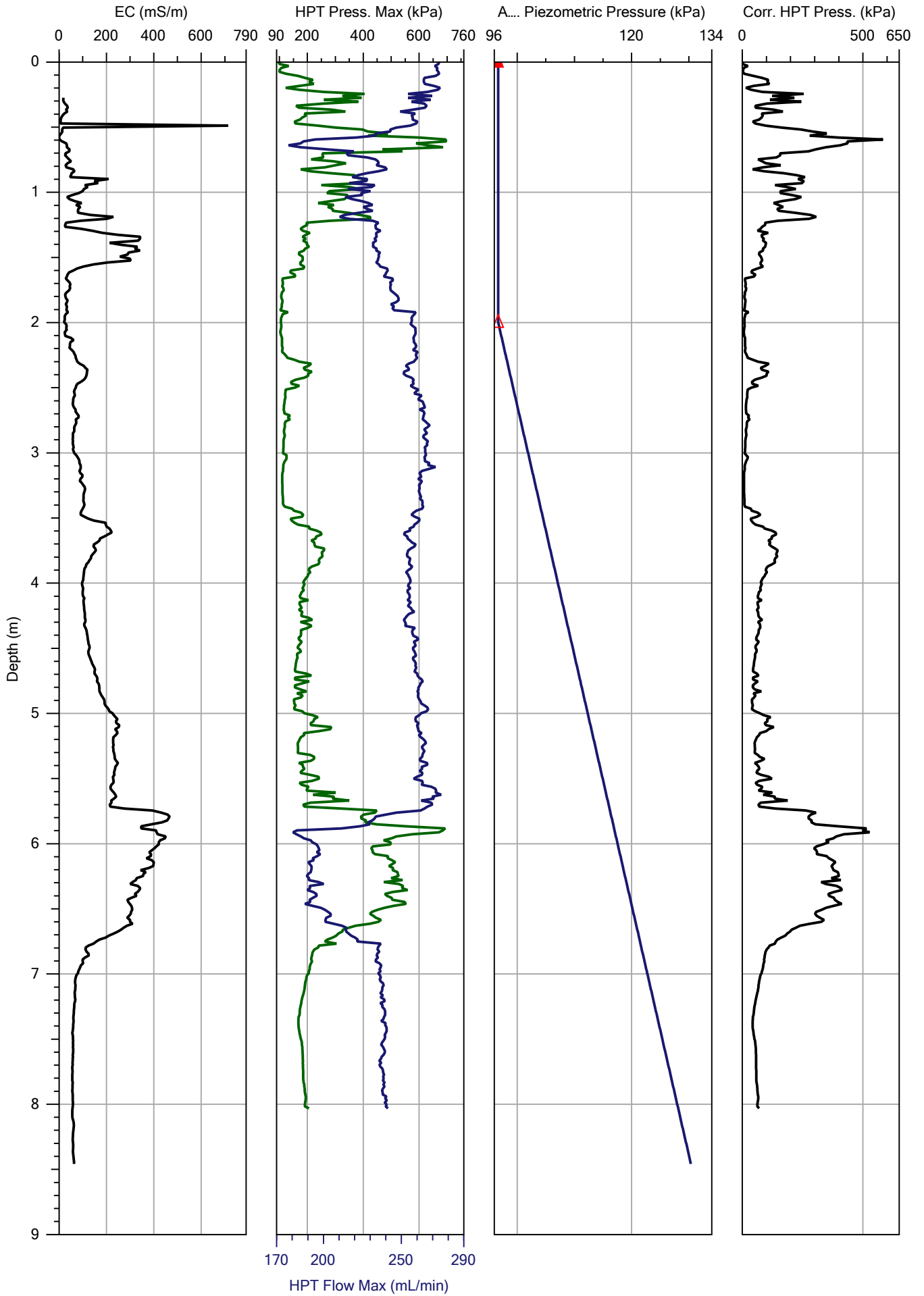
% AREA:
29.8

Captured

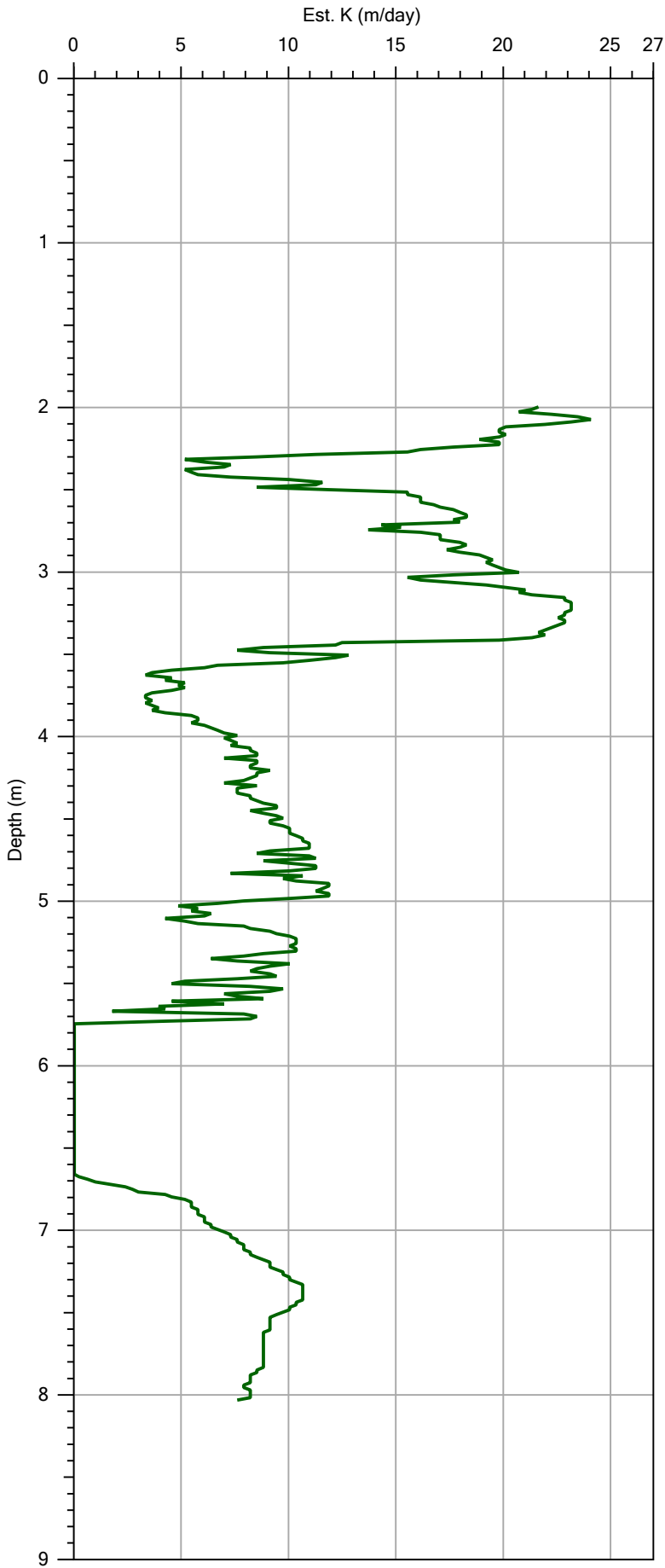
Analyzed

Overlaid

Company:	EnISSA	Operator:	NAEM	File:	7033.OIHP
Project ID:	0000111166	Client:	OVAM	Date:	19/12/2018
				Location:	



Company:	EnISSA	Operator:	NAEM	File:	7033.OIHP
Project ID:	0000111166	Client:	OVAM	Date:	19/12/2018
				Location:	



Company:	EnISSA	Operator:	NAEM	File:	7033.OIHP
Project ID:	0000111166	Client:	OVAM	Date:	19/12/2018
				Location:	



BIJLAGE: LIGGINGSPAN ENISSA OIP'S

nummer	Diepte staal(m-mv)	Datum staalname	Droge stof	PAK	Nuftaleen	Benzo(a)pyreen	Fenanthreen	Fluoranteen	Benzo(a)anthracen	Chryseen	Benzo(b)fluoranteen	Benzo(k)fluoranteen	Benzo(ghi)perylene	Indeno(1,2,3-cd)pyreen	PAK (som van 10 VROM)	Pyreen	Fluoreen	Dibenz(a,h)anthracen	Anthracen	Acenaftyleen	Acenaftheen	PAK 16 EPA	Minerale olie	Minerale olie C10 - C12	Minerale olie C12 - C20	Minerale olie C20 - C30	Minerale olie C30 - C40	Minerale Olie (GC)	BTEX	Benzeen (B)	Toluene (T)	Ethylbenzeen (E)	Meta- en Para-xyleen	Ortho-xyleen	Xylenen (som)	Bijkomende analys	BTEX (som)	PAK 10 OVAM	Totaal organisch koolstof (TOC)
SW					0,1	0,1	0,08	0,2	0,06	0,15	0,2	0,2	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2							50		0,1	0,1	0,1				0,1			
RW					0,8	0,3	30	10,1	2,5	5,1	1,1	0,6	35	0,55		62	19	0,3	1,5	0,6	4,6						300		0,3	1,6	0,8				1,2				
BSN (voor OS = 1 en Klei = 2)					4,45	3,4596	37,05	22,2	9,7545	180	6,09	11,5	3920	20		395	3950	2,7666	70	0,82	12,04						500		0,5	3,5	5				5,5				
7101-1	0-20	22-1-2019	75,5		130	520	73	310	410	430	570	280	230	220		270	63	77	170	330	51	4100		110	2600	4200	1400	8500		9,7	3,8	<i>0,13</i>	0,65	0,089	<i>0,74</i>	14	3200		
7101-3	70-100	22-1-2019	76,4		240	31	370	180	51	39	35	17	26	23		110	190	8	75	31	200	1600		540	3500	970	160	5200		1,5	1,8	<i>0,8</i>	4,9	1,5	6,4	11	1000		
7103-1	0-20	22-1-2019	71,9		43	210	33	170	130	150	180	91	120	140		140	12	20	36	70	14	1600		31	780	1300	310	2400		2,3	<i>1,1</i>	<0,05	0,21	<0,05	<i>0,21</i>	3,6	1300		
7104-1	0-20	22-1-2019	76,2		29	150	26	130	100	120	160	79	160	160		120	21	45	83	120	13	1500		21	660	1100	230	2000		2,2	<i>0,79</i>	<0,05	0,14	<0,05	<i>0,14</i>	3,1	1100		
7104-3	70-100	22-1-2019	76		9,7	27	6,3	29	21	23	30	15	24	32		24	2,5	4,6	4,7	13	3,9	270		<12	190	240	66	510		1,7	<i>0,55</i>	<0,05	0,079	<0,05	<0,1	2,3	220		
7106-1	0-20	22-1-2019	73		58	290	41	220	180	150	310	160	330	310		190	48	79	110	200	35	2700		69	1900	3200	1200	6500		5,8	2,1	<i>0,15</i>	0,8	0,084	<i>0,89</i>	9	2100	180	
7106-3	70-100	22-1-2019	74,2		4,3	15	4,2	15	12	9,8	17	8,6	14	9,8		12	3	3,5	7	11	3,5	150		<12	130	180	52	380		0,93	<i>0,32</i>	<0,05	0,11	<0,05	<i>0,11</i>	1,4	110	39	
7108-1	0-20	22-1-2019	78,1		230	0	150	0	0	0	890	440	280	290		0	88	100	230	0	110	6400		120	1800	2500	670	5200		13	4,3	0,088	0,72	0,098	<i>0,82</i>	18	4900		
7108-3	70-100	22-1-2019	78,1		5,9	22	6,3	26	16	14	20	10	28	29		19	2,3	6,8	7,3	10	2,8	230		<12	180	210	57	460		1,3	<i>0,46</i>	<0,05	0,091	<0,05	<0,1	1,8	180		
7110-1	0-20	22-1-2019	75,4		14	70	17	74	53	55	70	35	75	88		60	8,8	17	18	29	9,4	690		<110	320	380	110	830		1,5	<i>0,55</i>	0,055	0,12	<0,05	<i>0,12</i>	2,2	550		
7110-3	70-100	22-1-2019	72,2		88	300	82	320	250	270	300	150	120	150		260	35	23	56	89	64	2500		110	2300	3100	940	6500		8,9	2,6	<i>0,11</i>	0,44	0,061	<i>0,5</i>	12	2000		
7112-1	0-20	22-1-2019	75,4		72	290	59	280	210	230	310	160	230	220		250	45	68	110	200	35	2800		68	1300	2300	870	4500		6,3	2,4	0,088	0,46	0,065	<i>0,52</i>	9,3	2100		
7112-3	70-100	22-1-2019	78		120	110	0	0	200	170	83	42	60	62		610	450	22	190	95	470	4300		270	5800	3100	650	10000		<i>0,21</i>	0,08	0,099	0,17	0,28	<i>0,45</i>	0,83	2500		
7113-1	0-20	22-1-2019	77		60	250	41	210	190	200	310	150	160	150		190	54	53	120	230	33	2400		30	780	1100	250	2200		2,1	<i>0,84</i>	<0,05	0,28	<0,05	<i>0,28</i>	3,2	1700	45	
7113-3	70-100	22-1-2019	75,3		2,5	9,4	2	8,9	6,9	5,4	9,7	4,9	8,3	9,1		8,1	1,2	2,2	2,3	5,2	1,4	88		<12	99	180	88	380		0,93	<i>0,36</i>	<0,05	0,13	<0,05	<i>0,13</i>	1,4	67	54	
7115-1	0-20	22-1-2019	75,8		60	180	37	160	120	140	210	110	150	140		150	37	41	95	170	21	1800		43	1000	2100	990	4200		2,6	<i>1</i>	0,061	0,38	<0,05	<i>0,38</i>	4	1300		
7115-3	70-100	22-1-2019	73,4		4,3	15	2,8	15	10	9,1	15	7,3	19	21		12	1,3	4,7	3,3	6,9	3,5	150		<12	130	190	58	390		0,6	<i>0,26</i>	<0,05	0,055	<0,05	<0,1	0,92	120		



LEGENDE	
Terreinkenmerken	
	Grens site Carcoke
	Deelzones site Carcoke
	Kadastrale perceelgrens
	Kadastraal perceelnummer
	Oppervlaktewater
	Asfaltverharding
	Nieuw trace zijdelingse vaart
Verontreiniging	
	< RW (300 µg/l)
	> RW (300 µg/l)
	> BSN (500 µg/l)
	> 10 x BSN (5000 µg/l)
	> 100 x BSN (50000 µg/l)
	Nog geen ontgraving uitgevoerd
	Ontgraven tot 2 m-mv, diepere ontgraving nodig
	Ontgraven tot 4 m-mv
	Ontgraven tot 3 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
	Ontgraven tot 2 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
	Ontgraven tot 1 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
	Niet ontgraven omwille van stabiliteitstechnische redenen (aanwezigheid gasleidingen, gebouwen)
Staalname	
	Peilbus + nr

Uitgave	Datum	Omschrijving wijziging	Referentieplannen:
0	04/01/2018	Opmaken plan	



Opdrachtgever:
OVAM

Opdracht:
Bodemsaneringswerken - Lissewegsesteenweg 12, Zeebrugge - OVAM

Grondwaterverontreiniging minerale olie boven en in veenlaag

Projectnummer:	Plannummer:	Uitvoering	Tekening	Concept
17207	R1_P09/v2	Controlé	ED	BR



LEGENDE

Terrainkenmerken

- Grens site Carcoke
- Deelzones site Carcoke
- Kadastrale perceelgrens
- Kadastraal perceelnummer
- Oppervlaktewater
- Asfaltverharding
- Nieuw trace zijdelinge vaart

Verontreiniging

- < RW (300 µg/l)
- > RW (300 µg/l)
- > BSN (500 µg/l)
- > 10 x BSN (5000 µg/l)
- > 100 x BSN (50000 µg/l)

Ontgraving

- Nog geen ontgraving uitgevoerd
- Ontgraven tot 2 m-mv, diepere ontgraving nodig
- Ontgraven tot 4 m-mv
- Ontgraven tot 3 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
- Ontgraven tot 2 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
- Ontgraven tot 1 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
- Niet ontgraven omwille van stabiliteitstechnische redenen (aanwezigheid gasleidingen, gebouwen)

Staalname

- Peilbuis + nr

Uitgave	Datum	Omschrijving wijziging	Referentieplannen:
0	04/01/2018	Opmaken plan	

ABO

OVAM

Opdrachtgever:

Opdracht: Bodemsaneringswerken - Lisseweegsesteenweg 12, Zeebrugge - OVAM

Grondwaterverontreiniging minerale olie op 9 - 12 m-mv

Projectnummer:	17207	Plannummer:	R1_P10/v2	Uitvoering	Tekening	Concept
				Controlé	ED	BR



LEGENDE	
Terrainkenmerken	
	Grens site Carcoke
	Deelzones site Carcoke
	Kadastrale perceelgrens
	Kadastraal perceelnummer
	Oppervlaktewater
	Asfaltverharding
	Nieuw trace zijdelinge vaart
Verontreiniging	
	< RW (2 µg/l)
	> RW (2 µg/l)
	> BSN (10 µg/l)
	> 10 x BSN (100 µg/l)
	> 100 x BSN (1000 µg/l)
Ontgraving	
	Nog geen ontgraving uitgevoerd
	Ontgraven tot 2 m-mv, diepere ontgraving nodig
	Ontgraven tot 4 m-mv
	Ontgraven tot 3 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
	Ontgraven tot 2 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
	Ontgraven tot 1 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
	Niet ontgraven omwille van stabiliteitstechnische redenen (aanwezigheid gasleidingen, gebouwen)
Staalname	
	Peilbuis + nr

Uitgave	Datum	Omschrijving wijziging	Referentieplannen:
0	04/01/2018	Opmaken plan	



Opdrachtgever:
OVAM

Opdracht:
Bodemsaneringswerken - Lissewegsesteenweg 12, Zeebrugge - OVAM


Grondwaterverontreiniging benzeen boven en in veenlaag

Projectnummer:	Plannummer:	Uitvoering	Tekening	Concept
17207	R1_P13/v2	ED	ED	BR



LEGENDE	
Terrainkenmerken	
	Grens site Carcoke
	Deelzones site Carcoke
	Kadastrale perceelgrens
	Kadastraal perceelnummer
	Oppervlaktewater
	Asfaltverharding
	Nieuw trace zijdelinge vaart
Verontreiniging	
	< RW (2 µg/l)
	> RW (2 µg/l)
	> BSN (10 µg/l)
	> 10 x BSN (100 µg/l)
	> 100 x BSN (1000 µg/l)
Ontgraving	
	Nog geen ontgraving uitgevoerd
	Ontgraven tot 2 m-mv, diepere ontgraving nodig
	Ontgraven tot 4 m-mv
	Ontgraven tot 3 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
	Ontgraven tot 2 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
	Ontgraven tot 1 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
	Niet ontgraven omwille van stabiliteitstechnische redenen (aanwezigheid gasleidingen, gebouwen)
Staalname	
	Peilbuis + nr

Uitgave	Datum	Omschrijving wijziging	Referentieplannen:
0	04/01/2018	Opmaken plan	



OVAM

Opdrachtgever:

Opdracht: Bodemsaneringswerken - Lissewegsesteenweg 12, Zeebrugge - OVAM

Grondwaterverontreiniging benzeen op 9 - 12 m-mv

Projectnummer:	Plannummer:	Tekening	Concept
17207	R1_P14/v2	Uitvoering Controle	ED BR



LEGENDE	
Terrainkenmerken	
	Grens site Carcoke
	Deelzones site Carcoke
	Kadastrale perceelgrens
	Kadastraal perceelnummer
	Oppervlaktewater
	Asfaltverharding
	Nieuw trace zijdelinge vaart
Verontreiniging	
	< RW (20 µg/l)
	> RW (20 µg/l)
	> BSN (60 µg/l)
	> 10 x BSN (600 µg/l)
	> 100 x BSN (6000 µg/l)
Ontgraving	
	Nog geen ontgraving uitgevoerd
	Ontgraven tot 2 m-mv, diepere ontgraving nodig
	Ontgraven tot 4 m-mv
	Ontgraven tot 3 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
	Ontgraven tot 2 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
	Ontgraven tot 1 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
	Niet ontgraven omwille van stabiliteitstechnische redenen (aanwezigheid gasleidingen, gebouwen)
Staalname	
	Peilbus + nr

Uitgave	Datum	Omschrijving wijziging	Referentieplannen:
0	04/01/2018	Opmaken plan	



Opdrachtgever:
OVAM

Opdracht:
Bodemsaneringswerken - Lissewegsesteenweg 12, Zeebrugge - OVAM

Grondwaterverontreiniging naftaleen boven en in veenlaag

Projectnummer:	Plannummer:	Uitvoering	Tekening	Concept
17207	R1_P17/v2	ED	ED	BR



LEGENDE	
Terrainkenmerken	
	Grens site Carcoke
	Deelzones site Carcoke
	Kadastrale perceelgrens
	Kadastraal perceelnummer
	Oppervlaktewater
	Asfaltverharding
	Nieuw trace zijdelinge vaart
Verontreiniging	
	< RW (20 µg/l)
	> RW (20 µg/l)
	> BSN (60 µg/l)
	> 10 x BSN (6000 µg/l)
	> 100 x BSN (6000 µg/l)
	Peilbuis + nr
Ontgraving	
	Nog geen ontgraving uitgevoerd
	Ontgraven tot 2 m-mv, diepere ontgraving nodig
	Ontgraven tot 4 m-mv
	Ontgraven tot 3 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
	Ontgraven tot 2 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
	Ontgraven tot 1 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
	Niet ontgraven omwille van stabiliteitstechnische redenen (aanwezigheid gasleidingen, gebouwen)

Uitgave	Datum	Omschrijving wijziging	Referentieplannen:
0	04/01/2018	Opmaken plan	



Opdrachtgever:
OVAM

Opdracht:
Bodemsaneringswerken - Lissewegsesteenweg 12, Zeebrugge - OVAM

Grondwaterverontreiniging naftaleen op 9 - 12 m-mv

Projectnummer:	Plannummer:	Uitvoering	Tekening	Concept
17207	R1_P18/v2	Controlé	ED	BR



LEGENDE

Terrainkenmerken

- Grens site Carcoke
- Deelzones site Carcoke
- Kadastrale perceelgrens
- Kadastraal perceelnummer
- 448v3
- Oppervlaktewater
- Asfaltverharding
- Nieuw trace zijdelinge vaart

Verontreiniging

- < RW (40 µg/l)
- > RW (40 µg/l)
- > BSN (70 µg/l)
- > TSW (1500 µg/l)
- > 1000 x BSN (7000 µg/l)

Ontgraving

- Nog geen ontgraving uitgevoerd
- Ontgraven tot 2 m-mv, diepere ontgraving nodig
- Ontgraven tot 4 m-mv
- Ontgraven tot 3 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
- Ontgraven tot 2 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
- Ontgraven tot 1 m-mv, geen verdere ontgraving nodig
- Niet ontgraven omwille van stabiliteitstechnische redenen (aanwezigheid gasleidingen, gebouwen)

Staalname

- Peilbuis + nr

Uitgave	Datum	Omschrijving wijziging	Referentieplannen:
0	04/01/2018	Opmaken plan	



Opdrachtgever: **OVAM**

Opdracht: Bodemsaneringswerken - Lissewegsesteenweg 12, Zeebrugge - OVAM

Grondwaterverontreiniging cyanide boven en in veenlaag

Projectnummer:	17207	Plannummer:	R1_P05/v2	Tekening:	ED	Concept:	BR
				Uitvoering:			
				Controle:			

Peilbuis	3000A					3001A			3002A		3003A			3004A			3005A		3006A		3007A						
	Filter (m-mv)	NIVEAU - VEEN					2-6		2-6		2-6		2-6			2-6		2-6		2-6							
datum						2010	18/07/2014	6/05/2015	15-12-2016	11/05/2015	25/08/2016	13/05/2015	2010	18/07/2014	5/05/2015	2010	18/07/2014	7/05/2015	25/08/2016	2010	2010	2010	18/07/2014	12/05/2015	25/08/2016	13-12-2016	
Basis PB (m-mv)						6,20	2,2-6,2	6,20	1,10	6,10	6,28	6,10	6,10	6,10	5,71	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40
Filter PB echt (m-mv)						1,13	1,05	1,10	1,10	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	
Grondwaterstand						neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	
Driftflag						goed	3,5	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	
Opbrengst						goed	matig	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	
Halderheid						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Geur						geel	bruinegeel	-	-	geel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Kleur						7,44	7,3	7,96	7,29	7,29	7,29	7,29	6,86	7,39	7,39	7,39	7,39	7,39	7,39	7,39	7,39	7,39	7,39	7,39	7,39	7,39	
Ph						2360,00	3948	1510	1350,00	1350,00	1350,00	1350,00	1570	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	
EC (µS)						-	0,00 mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Opmerking																											
labo						Al-West	Al-West	Analytico	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	
						RW	BSN	IOBSEN	GS/TSW	IOBSEN																	
metalen																											
Arseen	12	20	200	-	2000	<5	24,4	18,1		18	13,9	8,1	<5,0	<5,0													
Cadmium	3	5	50	-	500	<1,5	<0,10	0,27		<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	
Chroom	30	50	500	-	5000	<2,0	<2,0	<2,0		<2,0	<2,0	<2,0	2,3	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
Coper	60	100	1000	-	10000	<2,0	<2,0	<2,0		<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
Cwik	0,6	1	10	-	100	<0,03	0,09	<0,03		0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Lood	12	20	200	-	2000	<5,0	<5,0	<5,0		<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	
Nikkel	24	40	400	-	4000	<5,0	<5,0	<5,0		5,8	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	
Zink	300	500	5000	-	50000	<2,0	4,3	<2,0		4,5	4,5	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
PAK																											
Naftaleen	20	60	600	-	6000	0,3	4,3	0,32		0,09	0,093	0,11	2400	3800	910	0,12	370	220	3800	2200	1900					< 0,02	
Aceenaftefen	20	70	700	-	7000	<0,050	0,3	<0,050		<0,050	<0,050	<0,050	<2,0	1,7	<500	<0,010	<1,0	7,4	<10	1,1	<5,0					< 0,05	
Aceenaftefen	20	180	1800	-	18000	1,1	15	0,01		0,04	0,016	0,021	260	240	270	<0,010	85	88	340	120	100					< 0,01	
Fluoreen	20	120	1200	-	12000	0,59	<10	<0,010		0,014	<0,010	<0,010	150	160	190	<0,010	84	3,4	130	39	32					< 0,01	
Fenarntreen	20	120	1200	-	12000	0,53	0,32	<0,010		0,016	0,019	0,011	91	85	120	<0,050	110	21	59	14	10					< 0,01	
Antraceen	20	75	750	-	7500	0,13	0,064	<0,010		0,011	0,029	0,026	4,3	4,7	<100	<0,010	7,5	0,33	<10	0,79	1,1					< 0,01	
Benzof(a)antraceen	2	7	70	-	700	0,046	<0,010	<0,010		<0,010	0,024	<0,010	1,8	<10	<100	<0,010	1,4	<0,10	<10	0,028	1,1					< 0,01	
Chrysefen	0,9	1,5	15	-	150	0,051	<0,010	<0,010		<0,010	0,03	<0,010	2,4	<10	<100	<0,010	1,9	<0,10	<10	0,027	<1,0					< 0,01	
Fluoranteen	2	4	40	-	400	0,28	0,041	<0,010		<0,010	0,044	0,015	8,6	3,1	<100	<0,010	16	0,26	<10	0,68	<1,0					< 0,01	
Pyreen	20	90	900	-	9000	0,17	0,022	<0,010		<0,010	0,042	0,012	5,6	3	<100	<0,010	8,9	0,18	<10	0,34	<1,0					< 0,01	
Benzof(b)fluoranteen	0,7	1,2	12	-	120	0,04	<0,010	<0,010		<0,010	0,029	<0,010	1,6	<10	<100	<0,010	<1,0	<0,10	<10	0,013	<1,0					< 0,01	
Benzof(k)fluoranteen	0,4	0,76	7,6	-	76	0,02	<0,010	<0,010		<0,01	0,013	<0,010	<1,0	<10	<100	<0,010	<1,0	<0,10	<10	<0,010	<1,0					< 0,01	
Benzof(a)pyreen	0,4	0,7	7	-	70	0,038	<0,010	<0,010		<0,010	0,028	<0,010	1,7	<10	<100	<0,0050	<1,0	<0,10	<10	0,012	<1,0					< 0,01	
Dibenzof(a,h)antraceen	0,3	0,5	5	-	50	0,011	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	<1,0	<10	<100	<0,010	<1,0	<0,10	<10	<0,010	<1,0					< 0,01	
Benzof(ghi)perylene	0,10	0,26	2,6	-	26	0,028	<0,010	<0,010		<0,010	0,02	<0,010	1,5	<10	<100	<0,010	<1,0	<0,10	<10	<0,010	<1,0					< 0,01	
Indenof(123-cd)pyreen	0,06	0,1	1	-	10	0,023	<0,010	<0,010		<0,010	0,019	<0,010	1,4	<10	<100	<0,010	<1,0	<0,10	<10	<0,010	<1,0					< 0,01	
som PAK	-	-	-	-	-																					< 0,21	
Minerale olie																											
Minerale olie C10 - C12	-	-	-	-	-																					< 10	
Minerale olie C12 - C20	-	-	-	-	-																					< 20	
Minerale olie C20 - C30	-	-	-	-	-																					< 15	
Minerale olie C30 - C40	-	-	-	-	-																					< 20	
Minerale olie (C10-C40)	300	500	5000	-	50000	64	<50	<50		<50	<50	<50	5170	4040	4040	<100	2200	485	15300	3340	2310					< 5,0	
Aromaten																											
Benzeen	2	10	100	-	1000	4,3	3,4			0,3	<0,2	<0,2	23	5,5	15		3,1	6000	1000	230	210					0,23	
Toluene	20	700	7000	-	70000	1	<0,5			0,8	1,5	0,8	<15	3,7	<1,0		8,1	40	150	36						0,39	
Ethylbenzeen	20	300	3000	-	30000		<0,5	<0,5		0,3	<0,5	<0,5	39	27	31		4,9	31	170	68	55					< 0,2	
Xylenen	20	500	5000	-	50000		0,5	<n.a.		1,2	2,1	<n.a.	52	48	52		13	54	680	160	110					< 0,4	
Styreen							<0,5	<0,5			<0,5	<0,5	<0,5	<1,0													

Peilbuis	NIVEAU - VEEN					6015		6016		6017		6018		6019		6020		6021		6022			
	filter (m-mv)					4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5			
datum						15/06/2016	30/08/2016	06-12-2016	15/06/2016	30/08/2016	06-12-2016	30/08/2016	06-12-2016	30/08/2016	09-12-2016	25/08/2016	06-12-2016	17/06/2016	13-12-2016	13/06/2016	06-12-2016	15/06/2016	13-12-2016
Basis PB (m-mv)																							
Filter PB echt (m-mv)																							
Grondwaterstand								1,23			2,02			2,22				2,22		2,01		2,8	2,42
Drijfslag																							
Opbrengst								4		4		4		2,5		2,5		5		3		3	
Holderdheid								matig		goed		goed		goed		goed		goed		goed		goed	
Geur																							
Kleur								lichtbruin		neutraal		neutraal		neutraal		neutraal		neutraal		neutraal		lichtgeel	
Ph								7,8		7,2		8,2		7,5		7,6		7,4		7,5		7,5	
EC (µS)								8830		9148		4340		4116		4382		2629		3235		1801	
Opmerking								zuurstof=1,89		zuurstof=0		zuurstof=1,56		weinig		zuurstof=0,24		zuurstof=0		zuurstof=1,35		weinig	
labo								Analytico		Analytico		Analytico		Analytico		Analytico		Analytico		Analytico		Analytico	
metalen																							
Arseen	12	20	200	-	2000																		
Cadmium	3	5	50	-	500																		
Chroom	30	50	500	-	5000																		
Coper	60	100	1000	-	10000																		
Cwik	0,6	1	10	-	100																		
Lood	12	20	200	-	2000																		
Nikkel	24	40	400	-	4000																		
Zink	300	500	5000	-	50000																		
PAK																							
Naftaleen	20	60	600	-	6000	<0,5	0,4	<2,0		<0,10		680	2000	2,8		9		0,18				<1,0	
Acenafteen	20	70	700	-	7000		<0,010	<0,20		<0,010		2,6	<5	0,92		<0,10		0,013				<0,10	
Acenafteen	20	180	1800	-	18000		0,11	1		0,03		470	200	20		1,2		0,065				<0,10	
Fluoreen	20	120	1200	-	12000		0,12	<0,20		0,019		110	82	0,98		0,92		0,047				<0,10	
Fenantreen	20	120	1200	-	12000		0,12	<1,0		<0,050		130	100	0,66		0,77		0,052				<0,50	
Antraceen	20	75	750	-	7500		0,01	<0,20		<0,010		1,8	1,4	<0,10		<0,10		0,022				<0,10	
Benzof(a)antraceen	2	7	70	-	700		<0,010	<0,20		<0,010		0,34	<1	<0,10		<0,10		0,014				<0,10	
Chryseen	0,9	1,5	15	-	150		<0,010	<0,20		<0,010		0,21	1,3	<0,10		<0,10		0,014				<0,10	
Fluoranteen	2	4	40	-	400		0,014	0,61		0,019		12	10	0,13		<0,10		<0,10				<0,10	
Pyreen	20	90	900	-	9000		<0,010	0,3		0,013		3,8	4,7	<0,10		<0,10		<0,10				<0,10	
Benzof(b)fluoranteen	0,7	1,2	12	-	120		<0,010	<0,20		<0,010		0,12	<1	<0,10		<0,10		0,017				<0,10	
Benzof(k)fluoranteen	0,4	0,76	7,6	-	76		<0,010	<0,20		<0,010		<0,050	<1	<0,10		<0,10		<0,010				<0,10	
Benzof(a)pyreen	0,4	0,7	7	-	70		<0,0050	<0,10		<0,0050		0,083	<1	<0,050		<0,050		0,013				<0,050	
Dibenzof(a,h)antraceen	0,3	0,5	5	-	50		<0,010	<0,20		<0,010		<0,050	<1	<0,10		<0,10		<0,010				<0,10	
Benzof(ghi)perylene	0,10	0,26	2,6	-	26		<0,010	<0,20		<0,010		<0,050	<1	<0,10		<0,10		<0,010				<0,10	
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	0,06	0,1	1	-	10		<0,010	<0,20		<0,010		<0,050	<1	<0,10		<0,10		<0,010				<0,10	
som PAK	-	-	-	-	-		<0,89	<7,1		<0,33		<1500	2400	<26		<14		<0,68				<2,9	
Minerale olie																							
Minerale olie C10 - C12	-	-	-	-	-									3200									
Minerale olie C12 - C20	-	-	-	-	-									930									
Minerale olie C20 - C30	-	-	-	-	-									<15									
Minerale olie C30 - C40	-	-	-	-	-									<20									
Minerale olie (C10-C40)	300	500	5000	-	50000		<100		<100	<100		4800	4200	<100		<100		<100		<100		<100	
Aromaten																							
Benzeen	2	10	100	-	1000	0,58		<0,50		<0,50		440	650	4,7		<0,50		<0,50				<0,50	
Toluene	20	700	7000	-	70000	<0,50		<0,50		0,7		61	100	0,61		<0,50		1,1				<0,50	
Ethylbenzeen	20	300	3000	-	30000	<0,50		<0,50		<0,50		19	74	<0,50		<0,50		<0,50				<0,50	
Xylenen	20	500	5000	-	50000	<0,45		<0,45		<0,45		53	180	0,7		<0,45		<0,55				<0,45	
Styreen																							
Fenol																							
Anorganische verb																							
Vrije cyanides	-	-	-	-	-	<5,0	3,1	6,7		12	12	1,7	5,8	<1	<5,0	<1	46	<1	<5,0	<1	42	<1	
Niet chlor oxideerbare	-	-	-	-	-	515		2193,3		258	258	86,2	75	81	0			33				1658	
cyanide som	40	70	700	1500	7000	520	540	2200	3000	270	96	92	75	86	78	46	71	38	36	1700	65		
Thiocyanaten (µg/l)	-	-	-	1500	-		12000		64000		38		760		25		70		8,1			300	
Andere																							
Ammonium als NH4 (mg/l) *	0,5	5,0	50,0	2508,0	500,0							5,4	1,2	30,0		16,0							
Ammonium als N (mg/l)	-	-	-	-	-							4,2	0,91	24		13							
Stikstof totaal (mg/l)	-	-	-	600	-							6	47	30		13							
Sulphate same as SO4 (mg/l) **	250	2500	25000	-	250000		710		380		1300		360		680		190		19			190	
Totaal sulfide als S (mg/l)	-	-	-	-	-																		

Peilbuis	NIVEAU 9-12					3000B				3001B			3002B			3003B			3004B		
						9-10				9-10			9-10			9-10			9-10		
						2010	27/11/2012	10/07/2014	6/05/2015	15-12-2016	11/05/2015	25/08/2016	15-12-2016	13/05/2015	2010	28/11/2012	14/07/2014	5/05/2015	2010	18/07/2014	7/05/2015
filter (m-mv)																					
datum																					
Basis PB (m-mv)									10,08										10,54		
Filter PB echt (m-mv)									9,08-10,08										9,54-10,54		
Grondwaterstand									1,05	-1,08				1,20	1,63				1,18	1,64	
Drijfslag									neen	neen				neen	neen				neen	neen	
Ophrengst									goed	4				goed	4,5				matig	goed	
Helderheid									goed	goed				goed	goed				goed	goed	
Geur									-	-				-	-				veen, matig	onbekend, matig	
Kleur									geel	lichtgeel				lichtbruin	geel				licht geel	licht geel/groen	
Ph									7,56	7,7				7,82	7,8				7,60	7,01	
EC (µS)									340	2105				1140	2435				1710,00	1850	
Opmerking									-	0,00 mg/l				-	0,00 mg/l				-	-	
labo									Al-West	Al-West				Al-West	Analytico				Al-West	Al-West	
									RW	BSN				10xBSN	GS/RSW				100xBSN		
metalen																					
Arsen	12	20	200	-	2000	6,2	<5,0	<5,0	<5,0										7,7	7,9	
Cadmium	3	5	50	-	500	0,23	<0,10	<0,10	<0,10										0,24	<0,10	
Chroom	30	50	500	-	5000	2,4	<2,0	<2,0	<2,0										<2,0	<2,0	
Koper	60	100	1000	-	10000	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0										<2,0	<2,0	
Kwik	0,6	1	10	-	100	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03										<0,03	<0,03	
Lood	12	20	200	-	2000	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0										<5,0	<5,0	
Nikkel	24	40	400	-	4000	8,6	<5,0	<5,0	<5,0										8	<5,0	
Zink	300	500	5000	-	50000	10	3,8	<2,0	<2,0										5,7	4	
PAK																					
Naftaleen	20	60	600	-	6000	<0,05	0,1	0,15	35										0,05	<0,05	
Acenafthyleen	20	70	700	-	7000	<0,050	<0,050	<0,050	<5,0										<0,050	<0,050	
Acenafteen	20	180	1800	-	18000	0,04	0,02	0,016	<1,0										<0,01	<0,01	
Fluoreen	20	120	1200	-	12000	0,024	<0,010	<0,010	<1,0										<0,010	<0,010	
Fenantreen	20	120	1200	-	12000	0,021	0,013	<0,010	<1,0										0,011	<0,010	
Antraceen	20	75	750	-	7500	<0,010	<0,010	<0,010	<1,0										<0,010	<0,010	
Benzol(a)antraceen	2	7	70	-	700	<0,010	<0,010	<0,010	<1,0										<0,010	<0,010	
Chryseen	0,9	1,5	15	-	150	<0,010	<0,010	<0,010	<1,0										<0,010	0,48	
Fluoranteen	2	4	40	-	400	<0,010	<0,010	<0,010	<1,0										<0,010	0,16	
Pyreen	20	90	900	-	9000	<0,010	<0,010	<0,010	<1,0										<0,010	0,23	
Benzol(b)fluoranteen	0,7	1,2	12	-	120	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010										<0,010	<0,010	
Benzol(k)fluoranteen	0,4	0,76	7,6	-	76	<0,01	<0,01	<0,010	<0,010										<0,01	<0,01	
Benzol(a)pyreen	0,4	0,7	7	-	70	<0,010	<0,010	<0,010	<1,0										<0,010	<0,010	
Dibenzol(a,h)antraceen	0,3	0,5	5	-	50	<0,010	<0,010	<0,010	<1,0										<0,010	<0,010	
Benzol(g)h)peryleneen	0,10	0,26	2,6	-	26	<0,010	<0,010	<0,010	<1,0										<0,010	<0,010	
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	0,06	0,1	1	-	10	<0,010	<0,010	<0,010	<1,0										<0,010	<0,010	
som PAK	-	-	-	-	-																
Minerale olie																					
Minerale olie C10 - C12	-	-	-	-	-																
Minerale olie C12 - C20	-	-	-	-	-																
Minerale olie C20 - C30	-	-	-	-	-																
Minerale olie C30 - C40	-	-	-	-	-																
Minerale olie (C10-C40)	300	500	5000	-	50000	<50	<50	<50	<50										<50	<50	
Aromaten																					
Benzeen	2	10	100	-	1000				<0,2	0,3									<0,1	<0,2	
Toluene	20	700	7000	-	70000				<0,5	<0,5									0,2	<0,5	
Ethylbenzeen	20	300	3000	-	30000				<0,5	<0,5									0,6	<0,5	
Xylenen	20	500	5000	-	50000				<n.a.	0,2									<0,1	<0,5	
Styreen									<0,5	<0,5									0,4	<n.a.	
Fenol									<10	<10									<10	<10	
Anorganische verb																					
Vrije cyanides	-	-	-	-	-				23	13											
Niet chloor oxideerbare cyanide som	40	70	700	1500	7000	<2,0	99	360	140	170									428	200	
Thiocyanaten (µg/l)	-	-	-	1500	-					5,9									<100	840	
Andere																					
Ammonium als NH4 (mg/l) *	0,5	5	50	2508	500				12	13									18	18	
Ammonium als N (mg/l)	-	-	-	-	-				9	10									14	14	
Stikstof totaal (mg/l)	-	-	-	600	-				9	11									17	14	
Sulphate same as SO4 (mg/l) **	250	2500	25000	-	250000				610										760	710	
Totaal sulfide als S (mg/l)	-	-	-	-	-														0,13		

Peilbuis	NIVEAU 9-12					50068		50078		50088		50098		50108		50118		50128		6023		6024		6025		6026		
	18/05/2015	13-12-2016	6/05/2015	25/08/2016	6/05/2015	8/05/2015	8/05/2015	8/05/2015	19/05/2015	13-12-2016	6/05/2015	15-12-2016	17/06/2016	16/06/2016	06-12-2016	13/06/2016	12-12-2016	13/06/2016	12-12-2016									
filter (m-mv)																												
datum																												
Basis PB (m-mv)																												
Filter PB echt (m-mv)																												
Grondwaterstand																												
Drijfslag																												
Opbrengst																												
Helderheid																												
Geur																												
Kleur																												
Ph																												
EC (µS)																												
Opmerking																												
labo																												
metalen																												
Arsen																												
Cadmium																												
Chroom																												
Koper																												
Kwik																												
Lood																												
Nikkel																												
Zink																												
PAK																												
Naftaleen																												
Acenafteen																												
Acenafteen																												
Fluoreen																												
Fenantreen																												
Antraceen																												
Benzol(a)antraceen																												
Chryseen																												
Fluoranteen																												
Pyreen																												
Benzol(b)fluoranteen																												
Benzol(k)fluoranteen																												
Benzol(a)pyreen																												
Dibenzol(a,h)antraceen																												
Benzol(g)hijperyreen																												
Indeno(1,2,3-cd)pyreen																												
som PAK																												
Minerale olie																												
Minerale olie C10 - C12																												
Minerale olie C12 - C20																												
Minerale olie C20 - C30																												
Minerale olie C30 - C40																												
Minerale olie (C10-C40)																												
Aromaten																												
Benzeen																												
Toluene																												
Ethylbenzeen																												
Xylenen																												
Styreen																												
Fenol																												
Anorganische verb																												
Vrije cyanides																												
Niet chloor oxideerbare cyanide som																												
Thiocyanaten (µg/l)																												
Andere																												
Ammonium als NH4 (mg/l) *																												
Ammonium als N (mg/l)																												
Stikstof totaal (mg/l)																												
Sulphate same as SO4 (mg/l) **																												
Totaal sulfide als S (mg/l)																												

Peilbuis	NIVEAU 9-12					6027		6028		6029		6030		6031		6032		6033		6034		7009	7010	7011
						11-12	11-12	11-12	11-12	11-12	11-12	11-12	11-12	11-12	11-12	11-12	11-12	11-12	11-12	11-12	11-12	9-11	10-12	10-12
filter (m-mv)						16/06/2016	12-12-2016	17/06/2016	06-12-2016	25/08/2016	16-12-2016	15/06/2016	12-12-2016	15/06/2016	12-12-2016	15/06/2016	13-12-2016	17/06/2016	06-12-2016	30/08/2016	06-12-2016	09-12-2016	15-12-2016	12-12-2016
Basis PB (m-mv)																								
Filter PB echt (m-mv)																								
Grondwaterstand							2,46		2,44		2,4		2,7		2,6		2,44		2,47		2,32	2,55	2,93	2,9
Drijfhoog																								
Opbrengst							2,5		15		20		2,5		2,5		3,5		4		10	10	6	2,5
Helderheid							goed		goed		matig		matig		goed		matig		goed		goed	goed	goed	goed
Geur																								
Kleur							neutraal		neutraal		bruin		lichtbruin		neutraal		grijs		neutraal		neutraal	neutraal	neutraal	neutraal
Ph							7,4		7,1		7,4		7,6		8,3		8,2		7,5		8	7,2	7,4	7,1
EC (µS)							17345		10800		44860		8611		3285		2731		26430		1251	3856	36650	11550
Opmerking							zuurstof=0,89		zuurstof=0,89		zuurstof=0,89		zuurstof=0,89		zuurstof=0,89		0,00 mg/l		zuurstof=0,26		zuurstof=3,32	geen zuurstof=0	zuurstof=0,89	zuurstof=0,89
labo							Analytico		Analytico		Analytico		Analytico		Analytico		Analytico		Analytico		Analytico	Analytico	Analytico	Analytico
	RW	BSN	10xBSN	65/TSW	100xBSN																			
metalen																								
Arsen	12	20	200	-	2000																			
Cadmium	3	5	50	-	500																			
Chroom	30	50	500	-	5000																			
Koper	60	100	1000	-	10000																			
Kwik	0,6	1	10	-	100																			
Lood	12	20	200	-	2000																			
Nikkel	24	40	400	-	4000																			
Zink	300	500	5000	-	50000																			
PAK																								
Naftaleen	20	60	600	-	6000	12		1,9		6800		0,26		360		0,74		3,4		0,75		2,8	19	0,87
Acenafteleen	20	70	700	-	7000	0,1		0,12		73		0,023		1,9		0,052		0,028		<0,020		<0,05	<0,25	<0,05
Acenafteleen	20	180	1800	-	18000	<0,050		0,59		2600		0,31		3600		0,018		0,28		0,27		0,91	5,5	0,67
Fluoreen	20	120	1200	-	12000	0,8		0,24		1400		0,084		1900		0,29		0,11		0,078		1,1	2,7	0,59
Fenantreen	20	120	1200	-	12000	1,1		0,11		830		<0,050		96		0,19		<0,050		<0,10		1,1	1,5	0,14
Antraceen	20	75	750	-	7500	0,086		0,017		120		<0,010		6,8		0,018		<0,010		<0,020		0,13	0,18	0,052
Benzol(a)antraceen	2	7	70	-	700	<0,050		<0,010		15		<0,010		0,13		<0,010		<0,010		<0,020		<0,01	<0,05	<0,01
Chryseen	0,9	1,5	15	-	150	<0,050		<0,010		13		<0,010		0,13		<0,010		<0,010		<0,020		<0,01	<0,05	<0,01
Fluoranteen	2	4	40	-	400	0,14		0,015		96		<0,010		5,3		0,028		<0,010		<0,020		0,024	<0,05	0,016
Pyreen	20	90	900	-	9000	0,078		<0,010		50		<0,010		1,9		0,016		<0,010		<0,020		0,014	<0,05	<0,01
Benzol(b)fluoranteen	0,7	1,2	12	-	120	<0,050		<0,010		9,4		<0,010		<0,050		<0,010		<0,010		<0,020		<0,01	<0,05	<0,01
Benzol(k)fluoranteen	0,4	0,76	7,6	-	76	<0,050		<0,010		<5,0		<0,010		<0,050		<0,010		<0,010		<0,020		<0,01	<0,05	<0,01
Benzol(a)pyreen	0,4	0,7	7	-	70	<0,025		<0,0050		8,3		<0,0050		0,032		<0,0050		<0,0050		<0,010		<0,01	<0,05	<0,01
Dibenzol(a,h)antraceen	0,3	0,5	5	-	50	<0,050		<0,010		<5,0		<0,010		<0,050		<0,010		<0,010		<0,020		<0,01	<0,05	<0,01
Benzol(g)h)perylene	0,10	0,26	2,6	-	26	<0,050		<0,010		<5,0		<0,010		<0,050		<0,010		<0,010		<0,020		<0,01	<0,05	<0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	0,06	0,1	1	-	10	<0,050		<0,010		<5,0		<0,010		<0,050		<0,010		<0,010		<0,020		<0,01	<0,05	<0,01
som PAK	-	-	-	-	-	<3,6		<3,1		<13000		<0,84		<6000		<1,5		<2,5		<1,5		6,1	29	2,3
Minerale olie																								
Minerale olie C10 - C12	-	-	-	-	-																	<10	29	16
Minerale olie C12 - C20	-	-	-	-	-																	<20	27	<20
Minerale olie C20 - C30	-	-	-	-	-																	<15	<15	<15
Minerale olie C30 - C40	-	-	-	-	-																	<20	<20	<20
Minerale olie (C10-C40)	300	500	5000	-	50000	<100		<100		780000		<100		3300		<100		<100		330		<50	61	<50
Aromaten																								
Benzeen	2	10	100	-	1000	15		60		31000		89		190		0,63		<0,50		<0,50		0,23	<0,2	12
Tolueen	20	700	7000	-	70000	<0,50		<0,50		7700		<0,50		170		<0,50		<0,50		<0,50		0,23	0,86	0,27
Ethylbenzeen	20	300	3000	-	30000	<0,50		<0,50		870		<0,50		15		<0,50		<0,50		0,61		<0,2	<0,2	0,43
Xylenen	20	500	5000	-	50000	<0,57		<0,45		12000		<0,45		97		<0,45		<0,45		3,5		<0,4	0,64	1,3
Styreen																								
Fenol																								
Anorganische verb																								
Vrije cyanides	-	-	-	-	-	21		23		<5,0		24	4,1	57	1,2	7,4	<1	50	<1	<5,0	<1	<1	<1	<1
Niet chloor oxideerbare	-	-	-	-	-	0		0		315		2076		343		24,6		0		1,8		36	<1	25
cyanide som	40	70	700	1500	7000	21		23		320		2100		1700		32		79		50		80	6,8	3,2
Thiocyanaten (µg/l)	-	-	-	1500	-								18000		440		6800		76		<5			
Andere																								
Ammonium als NH4 (mg/l) *	0,5	5	50	2508	500	24		28		4242,9		35						33		0,19		33		
Ammonium als N (mg/l)	-	-	-	-	-	19		22		3300		27						25		0,14		26		
Stikstof totaal (mg/l)	-	-	-	600	-	18		23		3700		4000						26		1,3		28		
Sulphate same as SO4 (mg/l) **	250	2500	25000	-	250000	28		570		14000		570		440		760		1100				520		
Totaal sulfide als S (mg/l)	-	-	-	-	-																			

Peilbuis	NIVEAU 13-15					3000C					3001C		3002C		3003C			
						14-15					14-15		14-15		14-15			
						2010	27/11/2012	10/07/2014	6/05/2015	30/08/2016	15-12-2016	11/05/2015	25/08/2016	13/05/2015	25/08/2016	2010	28/11/2012	14/07/2014
filter (m-mv)																		
datum																		
Basis (m-mv)						15,14					15,10		15,13		15,53			
Filter echt (m-mv)						14,14-15,14					14,10-15,10		14,13-15,13		14,53-15,53			
Grondwaterstand						1,07					1,12		1,17		1,15			
Drijfslag						neen					neen		neen		neen			
Orengst						goed					goed		goed		goed			
Helderheid						goed					goed		goed		goed			
Geur						-					-		-		veen matig			
Kleur						geel					bruingeel		geel		lichtgeel			
Ph						7,17					7,1		7,43		7,22			
EC (µS)						5430					16020		2940		3850,00			
Opmerking						-					0,00 mg/l		-		-			
labo						Al-West					Analytico		Al-West		Al-West			
	RW	BSN	10xBSN	GS/TSW	10xGS/TSW													
metalen																		
Arsen	12	20	200	-	2000	<5,0	6,1	<5,0	<5,0						<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Cadmium	3	5	50	-	500	0,1	0,14	<0,10	<0,10						<0,10	0,16	<0,10	<0,10
Chroom	30	50	500	-	5000	16	17	16	16						6,8	9	12	12
Koper	60	100	1000	-	10000	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0						<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Kwik	0,6	1	10	-	100	<0,03	0,11	<0,03	0,08						<0,03	0,07	0,06	<0,03
Lood	12	20	200	-	2000	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0						<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Nikkel	24	40	400	-	4000	8,7	<5,0	<5,0	<5,0						7,3	<5,0	<5,0	<5,0
zink	300	500	5000	-	50000	5,4	3,5	<2,0	<2,0						7,3	10	<2,0	3,4
PAK																		
Naftaleen	20	60	600	-	6000	7,6	6,7	18	0,035						<0,05	<0,05	<0,020	<0,020
Acenafteen	20	70	700	-	7000	<0,050	<0,7	<1,0	<0,050						<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Acenafteen	20	180	1800	-	18000	0,04	0,074	<1,0	<0,010						<0,01	<0,01	<0,010	<0,010
Fluoreen	20	120	1200	-	12000	0,031	0,026	<1,0	<0,010						0,01	<0,010	<0,010	<0,010
Fenantreen	20	120	1200	-	12000	0,061	0,067	<1,0	0,014						0,027	<0,010	<0,010	<0,010
Antraceen	20	75	750	-	7500	0,012	<0,010	<1,0	<0,010						<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(a)antraceen	2	7	70	-	700	<0,010	<0,030	<1,0	<0,010						<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Chryseen	0,9	1,5	15	-	150	<0,010	0,012	<1,0	0,01						<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoranteen	2	4	40	-	400	0,026	<0,010	<1,0	0,019						<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Pyreen	20	90	900	-	9000	0,014	<0,010	<1,0	0,014						<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(b)fluoranteen	0,7	1,2	12	-	120	<0,010	<0,010	<1,0	<0,010						<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(k)fluoranteen	0,4	0,76	7,6	-	76	<0,01	<0,01	<1,0	<0,010						<0,01	<0,01	<0,010	<0,010
Benzo(a)pyreen	0,4	0,7	7	-	70	<0,010	<0,010	<1,0	<0,010						<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Dibenzo(a,h)antraceen	0,3	0,5	5	-	50	<0,010	<0,010	<1,0	<0,010						<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(ghi)perylene	0,10	0,26	2,6	-	26	<0,010	<0,010	<1,0	<0,010						<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	0,06	0,1	1	-	10	<0,010	<0,010	<1,0	<0,010						<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
som PAK	-	-	-	-	-													
Minerale olie																		
Minerale olie C10 - C12	-	-	-	-	-													
Minerale olie C12 - C20	-	-	-	-	-													
Minerale olie C20 - C30	-	-	-	-	-													
Minerale olie C30 - C40	-	-	-	-	-													
Minerale olie (C10-C40)	300	500	5000	-	50000	877	270	850	600	640		1500	1200	<50	<50	<50	<50	
Aromaten																		
Benzeen	2	10	100	-	1000		260	230	210	230		380	300	<0,6	<0,2	<0,2	<0,2	
Toluene	20	700	7000	-	70000	0,5	1,8	2,5	7,2		14	11	<0,6	<0,5	<0,5	<0,5		
Ethylbenzeen	20	300	3000	-	30000	110	130	110	140		240	200	<0,6	<0,5	<0,5	<0,5		
Xylenen	20	500	5000	-	50000	5,4	17	22	48		110	96	0,88	<n.a.	<n.a.	<n.a.		
Styreen							<0,5	<0,5							<0,5	<0,5		
Fenol							26	28							<10	<10		
Anorganische verb																		
Vrije cyanides	-	-	-	-	-		<2,0	<2,0		2	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0		
Niet chloor oxideerbare	-	-	-	-	-													
cyanide som	40	70	700	1500	7000	<2,0	340	34	80		650	31	25	77	48	28	43	
Thiocyanaten (µg/l)	-	-	-	-	-						120							
Andere																		
Ammonium als NH4 (mg/l) *	0,5	5	50	2508	500		37	41							21	23		
Ammonium als N (mg/l)	-	-	-	-	-		29	32							16	18		
Stikstof totaal (mg/l)	-	-	-	600	-		33	31							21	20		
Sulphate same as SO4 (mg/l) **	250	2500	25000	-	250000					630								
Totaal sulfide als S (mg/l)	-	-	-	-	-													

Peilbuis						3004C			3005C			3006C	3007C					
	NIVEAU 13-15					14-15			14-15			14-15	14-15					
						2010	18/07/2014	8/05/2015	2010	18/07/2014	8/05/2015	09-12-2016	2010	2010	21/11/2012	14/07/2014	12/05/2015	25/08/2016
filter (m-mv)																		
datum							15.13			14.40						13.60		
Basis (m-mv)							14,13-15,13			13,4-14,4						12,60-13,60		
Filter echt (m-mv)							0,62			1,90	2,17					1,06		2,46
Grondwaterstand							neen			neen						neen		
Drijfslag							goed			goed	10					goed		4,5
Orengst							goed			matig	goed					goed		goed
Helderheid							veen, licht			-						-		-
Geur							lichtgeel			groen/bruin	neutraal					-		neutraalgeel
Kleur							7,25			7,23	7,2					7,20		7,6
Ph							5250			5480	4085					7380,00		29990
EC (µS)							-			-	zuurstof=0					-		sterke veengeur
Opmerking																		
labo							Al-West	Al-West		Al-West	Al-West	Analytico			Al-West	Al-West	Al-West	Analytico
		RW	BSN	10xBSN	GS/TSW	10xGS/TSW												
metalen																		
Arsen	12	20	200	-	2000	<5,0	<5,0		13,6	11,9			11	<31,0	<5,0	6,6		
Cadmium	3	5	50	-	500	<0,10	<0,10		<0,10	0,16			<0,10	<0,20	<0,10	0,54		
Chroom	30	50	500	-	5000	22	4,1		3,9	6,5			6,5	7	5,8	6,3		
Koper	60	100	1000	-	10000	<2,0	<2,0		<2,0	2,3			<2,0	<4,0	<2,0	3,8		
Kwik	0,6	1	10	-	100	0,06	0,04		0,06	0,1			0,03	<0,03	0,05	0,04		
Lood	12	20	200	-	2000	<5,0	<5,0		<5,0	9			9,2	<10	<5,0	14		
Nikkel	24	40	400	-	4000	<5,0	<5,0		<5,0	<5,0			12	<10	<5,0	<5,0		
zink	300	500	5000	-	50000	6,2	<2,0		13	13			6,2	14	<2,0	15		
PAK																		
Naftaleen	20	60	600	-	6000	<0,05	0,22	<0,020	0,08	0,24	0,037		0,3	0,2	0,59	0,77	0,99	0,87
Acenafteveen	20	70	700	-	7000	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,051	<0,050		<0,10	0,21	0,066	0,14	0,3	0,027
Acenafteen	20	180	1800	-	18000	<0,02	0,014	<0,010	0,11	0,078	0,023		2	12	0,19	1,3	1,1	0,082
Fluoreen	20	120	1200	-	12000	<0,010	<0,010	<0,010	0,13	0,064	0,031		<0,10	12	0,21	0,64	0,67	0,057
Fenantreen	20	120	1200	-	12000	<0,020	<0,010	<0,010	0,25	0,13	0,029		0,26	12	1,3	0,87	1,9	0,1
Antraceen	20	75	750	-	7500	<0,010	<0,010	<0,010	0,023	0,07	0,031		<0,10	1,3	0,52	0,34	1,1	0,18
Benzo(a)antraceen	2	7	70	-	700	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,082	0,019		0,27	0,026	1,3	0,21	1,2	0,062
Chryseen	0,9	1,5	15	-	150	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,099	0,022		0,38	0,03	0,86	0,23	1,3	0,052
Fluoranteen	2	4	40	-	400	<0,010	<0,010	<0,010	0,038	0,2	0,056		0,56	1,2	0,23	1	5,4	0,45
Pyreen	20	90	900	-	9000	<0,010	<0,010	<0,010	0,021	0,15	0,044		0,45	0,51	0,27	0,76	4,2	0,23
Benzo(b)fluoranteen	0,7	1,2	12	-	120	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,12	0,019		0,24	<0,010	0,2	0,24	1	0,057
Benzo(k)fluoranteen	0,4	0,76	7,6	-	76	<0,01	<0,010	<0,010	<0,01	0,044	<0,010		0,12	<0,01	0,1	0,089	0,4	0,02
Benzo(a)pyreen	0,4	0,7	7	-	70	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,11	0,017		0,22	<0,010	0,22	0,22	0,91	0,05
Dibenzo(a,h)antraceen	0,3	0,5	5	-	50	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,023	<0,010		<0,10	<0,010	0,034	0,044	0,12	<0,010
Benzo(ghi)peryleen	0,10	0,26	2,6	-	26	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,097	0,011		0,16	<0,010	0,16	0,21	0,53	0,037
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	0,06	0,1	1	-	10	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,09	<0,010		0,13	<0,010	0,13	0,19	0,55	0,034
som PAK	-	-	-	-	-													<2,4
Minerale olie																		
Minerale olie C10 - C12	-	-	-	-	-													
Minerale olie C12 - C20	-	-	-	-	-													
Minerale olie C20 - C30	-	-	-	-	-													
Minerale olie C30 - C40	-	-	-	-	-													
Minerale olie (C10-C40)	300	500	5000	-	50000	<50	<50	<50	<50	<50	<50		<50	448	<50	<50	<50	
Aromaten																		
Benzeen	2	10	100	-	1000	0,2	<0,2	<0,2	<0,1	<0,2	<0,2		<0,1	<0,6	<0,2	<0,2	<0,2	
Toluene	20	700	7000	-	70000	0,1	2,9	<0,5	<0,1	<0,5	<0,5		<0,1	1	<0,5	<0,5	<0,5	
Ethylbenzeen	20	300	3000	-	30000	<0,1	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	<0,5		<0,1	1,4	<0,5	<0,5	<0,5	
Xylenen	20	500	5000	-	50000	0,4	1,8	<n.a.	<n.a.	0,3	<n.a.		<n.a.	4,2	<n.a.	0,2	<n.a.	
Styreen						<0,5	<0,5		<0,5	<0,5					<0,5	<0,5		
Fenol						<10	<10		<10	<10					<10	<10		
Anorganische verb																		
Vrije cyanides	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0		<2,0	<2,0					<2,0	<2,0		
Niet chloor oxideerbare cyanide som	40	70	700	1500	7000	10	<2,0	7,3	5,1	3	2,3		<2,0	76	66	39	57	
Thiocyanaten (µg/l)	-	-	-	-	-													
Andere																		
Ammonium als NH4 (mg/l) *	0,5	5	50	2508	500	19	17		40	41	0,62			24	23			
Ammonium als N (mg/l)	-	-	-	-	-	15	13		31	32	0,48			19	18			
Stikstof totaal (mg/l)	-	-	-	600	-	17	15		35	34	1,9			42	18			
Sulphate same as SO4 (mg/l) **	250	2500	25000	-	250000												1200	1400
Totaal sulfide als S (mg/l)	-	-	-	-	-												0,076	

Peilbuis						300BC				4000B				4001B					
	NIVEAU 13-15					14-15				13-15				13-15					
						2010	22/11/2012	10/07/2014	13/05/2015	13-12-2016	23/10/2012	11/07/2014	7/05/2015	15-12-2016	24/10/2012	11/07/2014	5/05/2015	15-12-2016	
filter (m-mv)																			
datum																			
Basis (m-mv)									15,00				14,95				14,86		
Filter echt (m-mv)									14,00-15,00				12,95-14,95				12,86-14,86		
Grondwaterstand									1,18	2,28			1,09	2,37			0,98	2,46	
Drijfslag									neen				neen				neen		
Orengst									goed	2,5			goed	2,5			goed	2,5	
helderheid									goed	goed			goed	goed			goed	goed	
Geur									-	-			-	-			veen matig	-	
Kleur									geel	neutraal			lichtgeel	lichtgeel			geel	neutraal	
Ph									6,99	7,7			7,14	7,7			7,05	7,3	
EC (µS)									6500,00	6020			11000	16322			5260	20930	
Opmerking									-	zuurstof=0			-	zuurstof=0			-	zuurstof=0	
labo								Al-West	Al-West	Al-West	Analytico	Al-West	Al-West	Al-West	Analytico	Al-West	Al-West	Al-West	Analytico
		RW	BSN	10xBSN	GS/TSW	10xGS/TSW													
metalen																			
Arsen	12	20	200	-	2000	<5,0	11,9	<5,0	<5,0		31,2	<5,0	<5,0		8,5	<5,0	<5,0		
Cadmium	3	5	50	-	500	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10			<0,10	<0,10			<0,10	<0,10		
Chroom	30	50	500	-	5000	9,9	9,1	7,8	11			4,4	4			8,3	7,4		
Koper	60	100	1000	-	10000	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0			5	<2,0			2,9	<2,0		
Kwik	0,6	1	10	-	100	<0,03	0,04	0,03	<0,03			0,04	0,03			<0,03	<0,03		
Lood	12	20	200	-	2000	6,2	<5,0	<5,0	<5,0			<5,0	<5,0			<5,0	<5,0		
Nikkel	24	40	400	-	4000	10	<5,0	<5,0	<5,0			<5,0	<5,0			<5,0	<5,0		
zink	300	500	5000	-	50000	5	3,2	<2,0	<2,0			10	<2,0			26	<2,0		
PAK																			
Naftaleen	20	60	600	-	6000	29	3,2	1	8,4			<0,05	0,026	0,048		0,52	0,41	<2,0	
Acenafteen	20	70	700	-	7000	<4,0	0,072	<0,050	<0,050			<0,050	<0,050			<6,0	0,15	<5,0	
Acenafteen	20	180	1800	-	18000	15	1	0,035	0,28			0,072	<0,010	0,015		18	52	55	
Fluoreen	20	120	1200	-	12000	6,8	1,2	0,041	0,14			0,046	<0,010	0,011		0,05	<0,010	<1,0	
Fenantreen	20	120	1200	-	12000	5,2	3,3	0,018	0,059			0,063	<0,010	<0,010		0,078	0,014	<1,0	
Antraceen	20	75	750	-	7500	0,37	0,42	0,022	0,022			<0,010	<0,010	<0,010		0,02	0,013	<1,0	
Benzo(a)antraceen	2	7	70	-	700	<0,10	1,2	<0,010	<0,010			0,015	<0,010	<0,010		0,026	<0,010	<1,0	
Chryseem	0,9	1,5	15	-	150	<0,10	0,61	<0,010	<0,010			<0,010	<0,010	<0,010		0,015	<0,010	<1,0	
Fluoranteen	2	4	40	-	400	0,46	0,22	0,065	0,06			<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	0,01	<1,0	
Pyreen	20	90	900	-	9000	0,24	0,21	0,029	0,029			<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<1,0	
Benzo(b)fluoranteen	0,7	1,2	12	-	120	<0,10	0,082	<0,010	<0,010			<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<1,0	
Benzo(k)fluoranteen	0,4	0,76	7,6	-	76	<0,10	0,048	<0,010	<0,010			<0,01	<0,010	<0,010		<0,01	<0,010	<1,0	
Benzo(a)pyreen	0,4	0,7	7	-	70	<0,10	0,093	<0,010	<0,010			<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<1,0	
Dibenzo(a,h)antraceen	0,3	0,5	5	-	50	<0,10	0,012	<0,010	<0,010			<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	
Benzo(ghi)peryleneem	0,10	0,26	2,6	-	26	<0,10	0,033	<0,010	<0,010			<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	
Indeno(123-cd)pyreen	0,06	0,1	1	-	10	<0,10	0,031	<0,010	<0,010			<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<1,0	
som PAK	-	-	-	-	-														
Minerale olie																			
Minerale olie C10 - C12	-	-	-	-	-														
Minerale olie C12 - C20	-	-	-	-	-														
Minerale olie C20 - C30	-	-	-	-	-														
Minerale olie C30 - C40	-	-	-	-	-														
Minerale olie (C10-C40)	300	500	5000	-	50000	531	<50	<50	85			<50	<50	<50		100	280	240	
Aromaten																			
Benzeen	2	10	100	-	1000	<0,6	<0,2	<0,2	0,3			1,6	<0,2	2		98	190	95	
Tolueneem	20	700	7000	-	70000	0,9	<0,5	<0,5	1,3			<0,5	<0,5	<0,5		<0,5	0,6	<0,5	
Ethylbenzeen	20	300	3000	-	30000	0,8	<0,5	<0,5	0,5			<0,5	<0,5	<0,5		<0,5	3,2	1,8	
Xylenen	20	500	5000	-	50000	3,2	0,2	0,3	2,2			<n.a.	<n.a.	<n.a.		0,3	0,63	0,3	
Styreen								<0,5	0,8			<0,5	<0,5			<0,5	<0,5		
Fenol								<10	<10			<10	<10			12	11		
Anorganische verb																			
Vrije cyanides	-	-	-	-	-			<2,0	<2,0	3,8			<2,0	<2,0	<1		3,2	13	
Niet chloor oxideerbare cyanide som	40	70	700	1500	7000	47	61	71	97	2100	71	26	22	16	430	150	170		
Thiocyanaten (µg/l)	-	-	-	-	-					590					7,4				
Andere																			
Ammonium als NH4 (mg/l) *	0,5	5	50	2508	500		36	33				640	710	110	58	61	62		
Ammonium als N (mg/l)	-	-	-	-	-		28	26				500	550	82	45	47	48		
Stikstof totaal (mg/l)	-	-	-	600	-			26	25			460	510	97	57	66	78		
Sulphate same as SO4 (mg/l) **	250	2500	25000	-	250000									680					
Totaal sulfide als S (mg/l)	-	-	-	-	-														

Peilbuis						4002B		5001C		5002C		5003C		5006C		5011C		7012		7013		
	NIVEAU 13-15					13-15		13-15		13-15		13-15		13-15		13-15		13-15		13-15		
	filter (m-mv)					29/10/2012	14/07/2014	8/05/2015	18/05/2015	16-12-2016	12/05/2015	16-12-2016	11/05/2015	16-12-2016	18/05/2015	19/05/2015	09-12-2016	09-12-2016				
datum																						
Basis (m-mv)							15,37	15,04		14,90		14,94		15,17	14,29							
Filter echt (m-mv)							13,37-15,37	13,04-15,04		12,9-14,9		12,94-14,94		13,17-15,17	12,29-14,29							
Grondwaterstand							1,27	0,48	2,38	0,74	2,17	1,10	2,96	1,60	1,58	2,43	2,55					
Drijfslag							neen	neen		neen		neen		neen	neen							
Orengst							goed	goed	2,5	goed	2,5	goed	2,5	goed	goed	10	10					
helderheid							matig	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed					
Geur							-	veen matig	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Kleur							groen	geel	neutraal	lichtgeel	neutraal	geel	neutraal	lichtgeel	lichtgeel	neutraal	neutraal					
Ph							7,16	7,29	8	7,24	7,3	7,40	8,2	7,43	7,04	7,7	7,8					
EC (µS)							4730	5480,00	7065	5790,00	4106	10300,00	5382	4040,00	11400,00	6280	6425					
Opmerking							-	-	geen, zuurstof=0	-	geen, zuurstof=0	-	geen, zuurstof=0	-	-	-	-					
labo							Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Analytico	Al-West	Analytico	Al-West	Analytico	Al-West	Al-West	Analytico	Analytico			
							RW	BSN	10xBSN	GS/TSW	10xBSN											
metalen																						
Arsen	12	20	200	-	2000	6,2	<5,0	<5,0	<10,0		6,4		5,7		<5,0	5,2						
Cadmium	3	5	50	-	500	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20		<0,10		<0,10		<0,10	<0,10						
Chroom	30	50	500	-	5000	9,7	6,9	11	6,3		6,2		10		7,2	6,8						
Koper	60	100	1000	-	10000	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0		<2,0		<2,0		<2,0	<2,0						
Kwik	0,6	1	10	-	100	0,04	0,05	0,06	<0,03		<0,03		0,04		0,05	0,03						
Lood	12	20	200	-	2000	<5,0	<5,0	<5,0	<10		<5,0		<5,0		<5,0	<5,0						
Nikkel	24	40	400	-	4000	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		<5,0		<5,0		<5,0	<5,0						
zink	300	500	5000	-	50000	2,5	<2,0	<2,0	<2,0		<2,0		<2,0		<2,0	<2,0						
PAK																						
Naftaleen	20	60	600	-	6000	<0,05	<0,10	0,051	0,12		0,31		0,096		0,32	0,11	0,91	0,021				
Acenafteen	20	70	700	-	7000	<0,050	<0,10	<0,050	<0,050		<0,50		0,46		<0,050	<0,050	<0,05	<0,05				
Acenafteen	20	180	1800	-	18000	<0,01	<0,10	<0,010	0,051		0,15		1		0,22	0,05	0,66	<0,01				
Fluoreen	20	120	1200	-	12000	<0,010	<0,10	0,013	0,027		<0,10		0,84		0,12	0,046	0,77	<0,01				
Fenatreen	20	120	1200	-	12000	<0,010	<0,10	0,014	0,055		<0,10		1,2		0,16	0,082	0,47	<0,01				
Antraceen	20	75	750	-	7500	<0,010	<0,10	<0,010	0,018		<0,10		0,15		0,03	0,011	0,056	<0,01				
Benzo(a)antraceen	2	7	70	-	700	<0,010	<0,10	<0,010	0,012		<0,10		0,16		<0,010	<0,010	<0,01	<0,01				
Chryseen	0,9	1,5	15	-	150	<0,010	<0,10	<0,010	0,014		<0,10		0,16		<0,010	<0,010	<0,01	<0,01				
Fluoranteen	2	4	40	-	400	<0,010	<0,10	<0,010	0,055		<0,10		0,46		0,047	0,028	0,031	<0,01				
Pyreen	20	90	900	-	9000	<0,010	<0,10	<0,010	0,058		<0,10		0,29		0,036	0,018	0,016	<0,01				
Benzo(b)fluoranteen	0,7	1,2	12	-	120	<0,010	<0,10	<0,010	0,01		<0,10		0,13		<0,010	<0,010	<0,01	<0,01				
Benzo(k)fluoranteen	0,4	0,76	7,6	-	76	<0,01	<0,10	<0,010	<0,010		<0,10		0,059		<0,010	<0,010	<0,01	<0,01				
Benzo(a)pyreen	0,4	0,7	7	-	70	<0,010	<0,10	<0,010	<0,010		<0,10		0,14		<0,010	<0,010	<0,01	<0,01				
Dibenzo(a,h)antraceen	0,3	0,5	5	-	50	<0,010	<0,10	<0,010	<0,010		<0,10		0,022		<0,010	<0,010	<0,01	<0,01				
Benzo(ghi)peryleen	0,10	0,26	2,6	-	26	<0,010	<0,10	<0,010	<0,010		<0,10		0,076		<0,010	<0,010	<0,01	<0,01				
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	0,06	0,1	1	-	10	<0,010	<0,10	<0,010	<0,010		<0,10		0,084		<0,010	<0,010	<0,01	<0,01				
som PAK	-	-	-	-	-												2,9	<0,21				
Minerale olie																						
Minerale olie C10 - C12	-	-	-	-	-												<10	<10				
Minerale olie C12 - C20	-	-	-	-	-												<20	<20				
Minerale olie C20 - C30	-	-	-	-	-												<15	<15				
Minerale olie C30 - C40	-	-	-	-	-												<20	<20				
Minerale olie (C10-C40)	300	500	5000	-	50000	<50	<50	<50	<50	89		51		<50	<50	<50	<50	<50				
Aromaten																						
Benzeen	2	10	100	-	1000	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2		0,5		1,4		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2				
Toluene	20	700	7000	-	70000	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5		3		<0,5	<0,5	0,36	<0,2				
Ethylbenzeen	20	300	3000	-	30000	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5		<0,5		<0,5	<0,5	<0,2	<0,2				
Xylenen	20	500	5000	-	50000	<n.a.	<n.a.	<n.a.	<n.a.		<n.a.		1,1		0,2	<n.a.	<0,4	<0,4				
Styreen						<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5		<0,5		<0,5	<0,5						
Fenol						<10	<10	<10	<10		<10		<10		<10	<10						
Anorganische verb																						
Vrije cyanides	-	-	-	-	-		<2,0	<2,0	<2,0		<2,0		3,8		<2,0	<2,0	<1	<1				
Niet chloor oxideerbare cyanide som	40	70	700	1500	7000	91	29	4,4	8,2		16		20		190	510	36	83				
Thiocyanaten (µg/l)	-	-	-	-	1500																	
Andere																						
Ammonium als NH4 (mg/l) *	0,5	5	50	2508	500	18	17	19		37		880	8,3	36	27							
Ammonium als N (mg/l)	-	-	-	-	-	14	13	15		29		680	6,5	28	21							
Stikstof totaal (mg/l)	-	-	-	600	-	15	14	16		31		700	31	28	24							
Sulphate same as SO4 (mg/l) **	250	2500	25000	-	250000				630		1300											
Totaal sulfide als S (mg/l)	-	-	-	-	-																	

Pellbuis	NIVEAU 18-20					3000D					3003D				3004D			3005D	3006D
						19-20					19-20				19-20			19-20	19-20
						2010	27/11/2012	10/07/2014	6/05/2015	15-12-2016	2010	28/11/2012	14/07/2014	5/05/2015	2010	18/07/2014	8/05/2015	2010	2010
Filter (m-mv)																			
datum																			
Basis PB (m-mv)									19,65				20,46					20,12	
Filter PB echt (m-mv)									18,65-19,65				19,46-20,46					19,12-20,12	
Grondwaterstand									0,98	1,05			1,10					0,64	
Drifflaag									neen				neen					neen	
Opbrengst									goed	10			goed					goed	
Heiderheid									goed	goed			goed					goed	
Geur									-				veen matig					-	
Kleur									geel	lichtgeel			lichtgeel					lichtgeel	
Ph									7,17	7			6,95					7,23	
EC (µS)									11900	29620			7040					11500	
Opmerking									-	0,00 mg/l			-					-	
labo							Al-West	Al-West	Al-West	Analytico		Al-West	Al-West	Al-West		Al-West	Al-West		
	RW	BSN	10xBSN	GS/TSW	100xBSN														
metalen																			
Arsen	12	20	200	-	2000	8,1	<35,0	<5,0	13,7		12	26,6	<5,0	<5,0		<5,0	<5,0		
Cadmium	3	5	50	-	500	0,23	<0,20	<0,10	<0,20		<0,10	<0,20	<0,10	0,13		<0,20	<0,10		
Chroom	30	50	500	-	5000	5,9	5	4,5	5,3		3,7	<4,0	2,9	2,4		52	<2,0		
Koper	60	100	1000	-	10000	<2,0	<4,0	<2,0	<2,0		<2,0	<4,0	<2,0	<2,0		<2,0	<2,0		
Kwik	0,6	1	10	-	100	<0,03	0,05	<0,03	0,04		<0,03	0,04	0,05	<0,03		<0,03	<0,03		
Lood	12	20	200	-	2000	6,4	<10	<5,0	<5,0		7,1	<10	<5,0	<5,0		<5,0	<5,0		
Nikkel	24	40	400	-	4000	10	<10	<5,0	<5,0		11	<10	<5,0	<5,0		<5,0	<5,0		
zink	300	500	5000	-	50000	35	8,3	<2,0	4,6		37	13	<2,0	<2,0		<2,0	<2,0		
PAK																			
Naftaleen	20	60	600	-	6000	0,2	3,3	0,059	0,49		0,08	<0,05	<0,020	0,032		<0,05	0,037	<0,020	<0,05
Acenafteleen	20	70	700	-	7000	<0,050	<0,050	<0,050	0,16		<0,050	<0,050	<0,050	<0,050		<0,050	<0,050	<0,050	
Acenafteleen	20	180	1800	-	18000	0,03	<0,01	<0,010	11		<0,04	<0,01	<0,010	<0,010		<0,01	<0,010	0,33	
Fluoreen	20	120	1200	-	12000	0,026	<0,010	<0,010	2,2		<0,040	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	0,31	
Fenantreen	20	120	1200	-	12000	0,051	0,011	<0,010	0,11		<0,30	<0,010	<0,010	<0,010		0,019	<0,010	0,54	
Antraceen	20	75	750	-	7500	<0,010	<0,010	<0,010	0,078		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	0,048	
Benzo(a)antraceen	2	7	70	-	700	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	
Chryseem	0,9	1,5	15	-	150	<0,010	<0,010	<0,010	<0,10		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	
Fluoranteen	2	4	40	-	400	0,012	<0,010	<0,010	<0,10		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	0,065	
Pyreen	20	90	900	-	9000	<0,010	<0,010	<0,010	<0,10		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	0,032	
Benzo(b)fluoranteen	0,7	1,2	12	-	120	<0,010	<0,010	<0,010	<0,10		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	
Benzo(k)fluoranteen	0,4	0,76	7,6	-	76	<0,01	<0,01	<0,010	<0,010		<0,01	<0,01	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,01	
Benzo(a)pyreen	0,4	0,7	7	-	70	<0,010	<0,010	<0,010	<0,10		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	
Dibenzo(a,h)antraceen	0,3	0,5	5	-	50	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	
Benzo(ghi)perylene	0,10	0,26	2,6	-	26	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	
Indeno(123-cd)pyreen	0,06	0,1	1	-	10	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	
som PAK	-	-	-	-	-														
Minerale olie																			
Minerale olie C10 - C12	-	-	-	-	-														
Minerale olie C12 - C20	-	-	-	-	-														
Minerale olie C20 - C30	-	-	-	-	-														
Minerale olie C30 - C40	-	-	-	-	-														
Minerale olie (C10-C40)	300	500	5000	-	50000	<50	300	<50	<50		<50	<50	<50	<50		<50	<50	<50	
Aromaten																			
Benzeen	2	10	100	-	1000		3,3	<0,2	<0,2		<0,6	<0,2	<0,2	<0,2		<0,1	<0,2	<0,2	<0,6
Toluene	20	700	7000	-	70000		1,6	<0,5	<0,5		<0,6	<0,5	<0,5	<0,5		<0,1	0,6	<0,5	<0,6
Ethylbenzeen	20	300	3000	-	30000		3,3	<0,5	<0,5		<0,6	<0,5	<0,5	<0,5		<0,1	<0,5	<0,5	<0,6
Xylenen	20	500	5000	-	50000		13	<n.a.	<n.a.		<n.a.	<n.a.	<n.a.	<n.a.		<n.a.	0,3	<n.a.	0,72
Styreen								<0,5	<0,5			<0,5	<0,5	<0,5			<0,5	<0,5	
Fenol								<10	<10			<10	<10	<10			<10	<10	
Anorganische verb																			
Vrije cyanides	-	-	-	-	-			<2,0	<2,0			<2,0	<2,0	<2,0			<2,0	<2,0	
Niet chloor oxideerbare cyanide som	40	70	700	1500	7000	<2,0	14	7	5,3	14	8,4	6,2	4,6	<2,0	3,3	<2,0	3,3	3,5	7,9
Thiocyanaten (µg/l)	-	-	-	1500	-														
Andere																			
Ammonium als NH4 (mg/l) *	0,5	5	50	2508	500			27	24			11	11			12	11		
Ammonium als N (mg/l)	-	-	-	-	-			21	19			8,7	8,6			9,6	8,6		
Stikstof totaal (mg/l)	-	-	-	600	-			21	20			11	10			9,8	10		
Sulphate same as SO4 (mg/l) **	250	2500	25000	-	250000					1100									
Totaal sulfide als S (mg/l)	-	-	-	-	-														

Pellbuis	NIVEAU 18-20					3007D				3008D				4000C				4001C				
						19-20				19-20				18-20				18-20				
						2010	21/11/2012	14/07/2014	12/05/2015	2010	21/11/2012	10/07/2014	13/05/2015	13-12-2016	30/10/2012	11/07/2014	7/05/2015	15-12-2016	29/10/2012	11/07/2014	5/05/2015	
filter (m-mv)																						
datum						19,41				19,91				20,05				20,25				
Basis PB (m-mv)						18,41-19,41				18,91-19,91				18,05-20,05				18,25-20,25				
Filter PB echt (m-mv)						0,90				1,17				2,24				1,13				
Grondwaterstand						neen				neen				neen				neen				
Drifflaag						neen				neen				neen				neen				
Opbrengst						goed				goed				goed				goed				
Heiderheid						goed				goed				goed				goed				
Geur						-				-				-				-				
Kleur						-				lichtgeel				neutraal				lichtgeel				
Ph						7,17				6,87				7,5				6,77				
EC (µS)						7800,00				11800,00				3853				8474				
Opmerking						-				-				zuurstof=0				-				
labo						Al-West				Al-West				Analytico				Al-West				
	RW	BSN	10xBSN	GS/TSW	100xBSN																	
metalen																						
Arseen	12	20	200	-	2000	<30	29,8	<5,0	<5,0	9,1	<33,0	<5,0	<5,0		11,2	<10,0	<5,0		16,5	<5,0	<5,0	
Cadmium	3	5	50	-	500	<0,20	<0,20	<0,10	<0,20	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		0,44	<0,10	0,12	
Chroom	30	50	500	-	5000	4,9	<4,0	3,2	2,9	3,5	<4,0	3,5	3,8		2,7	2,5	2,1		11	4,3	4,2	
Koper	60	100	1000	-	10000	<4,0	<4,0	<2,0	<2,0	<2,0	<4,0	<2,0	<2,0		<2,0	3,2	<2,0		<4,0	3	<4,0	
Kwik	0,6	1	10	-	100	<0,03	<0,03	0,04	0,03	0,04	<0,03	0,04	<0,03		0,04	<0,03	<0,03		0,08	0,05	0,04	
Lood	12	20	200	-	2000	13	<10	<5,0	<10	7	<10	<5,0	<5,0		<5,0	<10	<5,0		<10	<5,0	<5,0	
Nikkel	24	40	400	-	4000	<10	<10	<5,0	<5,0	11	<10	<5,0	<5,0		<5,0	<5,0	<5,0		<10	<5,0	<10	
zink	300	500	5000	-	50000	68	10	<2,0	<2,0	16	4,4	<2,0	<2,0		6,3	7	<2,0		72	7,3	4,9	
PAK																						
Naftaleen	20	60	600	-	6000	0,3	0,4	4,1	1,1	2300	2900	2300	3200	1,5	0,4	<0,020	0,021		0,2	0,026	0,038	
Acenaftyleen	20	70	700	-	7000	0,15	<0,60	<0,050	<0,050	3,4	2,7	0,85	<500	0,5	<0,050	<0,050	<0,050		<0,050	<0,050	<0,050	
Acenaftalen	20	180	1800	-	18000	6,4	0,03	0,16	0,093	53	74	<100	120	9,3	<0,01	<0,010	<0,010		0,14	<0,010	<0,010	
Fluoreen	20	120	1200	-	12000	6,3	0,033	0,075	0,089	9	4,3	2	<100	1,4	<0,010	<0,010	<0,010		0,067	<0,010	<0,010	
Fenantreen	20	120	1200	-	12000	11	0,055	0,033	0,39	12	<1,0	0,088	<100	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010		0,087	<0,010	<0,010	
Antraceen	20	75	750	-	7500	1,2	0,021	<0,010	0,088	<1,0	<1,0	0,021	<100	0,045	<0,010	<0,010	<0,010		0,036	<0,010	<0,010	
Benzo(a)antraceen	2	7	70	-	700	0,039	0,09	<0,010	0,11	<1,0	<1,0	0,024	<100	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010		0,056	<0,010	<0,010	
Chryseen	0,9	1,5	15	-	150	0,042	0,06	<0,010	0,097	<1,0	<1,0	0,025	<100	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010		0,044	<0,010	<0,010	
Fluoranteen	2	4	40	-	400	1,4	0,02	0,018	0,54	2,7	<1,0	0,077	<100	0,025	<0,010	<0,010	<0,010		0,014	<0,010	<0,010	
Pyreen	20	90	900	-	9000	0,58	0,023	0,012	0,35	<1,0	<1,0	0,048	<100	0,012	<0,010	<0,010	<0,010		0,019	<0,010	<0,010	
Benzo(b)fluoranteen	0,7	1,2	12	-	120	<0,010	0,016	<0,010	0,039	<1,0	<1,0	0,017	<100	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	
Benzo(k)fluoranteen	0,4	0,76	7,6	-	76	<0,01	<0,01	<0,010	0,018	<1,0	<1,0	<0,010	<100	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010		<0,01	<0,010	<0,010	
Benzo(a)pyreen	0,4	0,7	7	-	70	<0,010	0,019	<0,010	0,038	<1,0	<1,0	0,015	<100	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	
Dibenzo(a,h)antraceen	0,3	0,5	5	-	50	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<1,0	<1,0	<0,010	<100	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	
Benzo(ghi)peryleneen	0,10	0,26	2,6	-	26	<0,010	0,012	<0,010	0,017	<1,0	<1,0	0,011	<100	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	
Indeno(123-cd)pyreen	0,06	0,1	1	-	10	<0,010	<0,010	<0,010	0,014	<1,0	<1,0	<0,010	<100	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	
som PAK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	
Minerale olie																						
Minerale olie C10 - C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1200	-	-	-	-	-	-	-	
Minerale olie C12 - C20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140	-	-	-	-	-	-	-	
Minerale olie C20 - C30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<15	-	-	-	-	-	-	-	
Minerale olie C30 - C40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<20	-	-	-	-	-	-	-	
Minerale olie (C10-C40)	300	500	5000	-	50000	199	<50	<50	<50	14300	3880	4670	7330	1400	<50	<50	<50		<50	<50	<50	
Aromaten																						
Benzeen	2	10	100	-	1000	<0,6	<0,2	1,2	0,3	15	20	<1,0	20	13	2,8	<0,2	2,8		<0,2	<0,2	<0,2	
Toluene	20	700	7000	-	70000	<0,6	<0,5	<0,5	<0,5	180	200	27	250	73	<0,5	1,9	<0,5		<0,5	<0,5	<0,5	
Ethylbenzeen	20	300	3000	-	30000	<0,6	<0,5	<0,5	<0,5	63	96	55	210	37	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	<0,5	
Xylenen	20	500	5000	-	50000	0,62	<n.a.	0,5	<n.a.	290	350	120	380	160	<n.a.	0,87	<n.a.		<n.a.	<n.a.	<n.a.	
Styreen	-	-	-	-	-	-	<0,5	<0,5	-	-	-	25	77	-	<0,5	<0,5	-	-	<0,5	<0,5	<0,5	
Fenol	-	-	-	-	-	-	<10	<10	-	-	-	<10	14	-	<10	<10	-	-	<10	<10	<10	
Anorganische verb																						
Vrije cyanides	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	-	-	-	<2,0	<2,0	2,6	<2,0	<2,0	<1		<2,0	<2,0	<2,0	
Niet chloor oxideerbare cyanide som	40	70	700	1500	7000	50	34	38	36	39	32	36	68	2300	20	9,6	9		5,1	130	76	70
Thiocyanaten (µg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<5	-	-	-	-	-	6,9	-	-
Andere																						
Ammonium als NH4 (mg/l) *	0,5	5	50	2508	500	-	21	21	-	-	-	12	12	-	19	22	-	-	-	57	44	
Ammonium als N (mg/l)	-	-	-	-	-	-	16	16	-	-	-	9	9,2	-	15	17	-	-	-	44	34	
Stikstof totaal (mg/l)	-	-	-	600	-	-	17	18	-	-	-	10	10	-	15	17	-	-	-	39	35	
Sulphate same as SO4 (mg/l) **	250	2500	25000	-	250000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	420	-	
Totaal sulfide als S (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Pellbuis						4002C			5002D		5006D	5011D	3008E			6035
	NIVEAU 18-20					18-20			18-20		18-20	18-20	24-26			?
filter (m-mv)						29/10/2012	14/07/2014	8/05/2015	12/05/2015	16-12-2016	18/05/2015	19/05/2015	30/10/2012	10/07/2014	13/05/2015	30/08/2016
datum																
Basis PB (m-mv)								19,96	19,80		20,05	19,41			25,91	
Filter PB echt (m-mv)								17,96-19,96	17,8-19,8		18,05-20,05	17,41-19,41			23,91-25,91	
Grondwaterstand								0,95	0,75	2,26	1,80	1,55			1,51	
Drifflaag								neen	neen		neen	neen			neen	
Opbrengst								goed	goed	2,5	goed	goed			goed	
Heiderheid								goed	goed	goed	goed	goed			goed	
Geur								-	-		-	-			-	
Kleur								lichtgroen	lichtgeel	neutraal	lichtgeel	geel			lichtgeel	
Ph								6,80	7,53	7,4	6,95	7,26			6,92	
EC (µS)								10000	9800,00	5027	11100,00	8380,00			13900,00	
Opmerking								-	-	geen zuurstof=0	-	-			-	
labo						Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Analytico	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	
	RW	BSN	10xBSN	GS/TSW	100xBSN											
metalen																
Arseen	12	20	200	-	2000	14,1	6,9	22,1	<5,0		<5,0	<5,0	14	<5,0	<5,0	
Cadmium	3	5	50	-	500	0,24	<0,10	<0,10	<0,20		<0,20	<0,10	<0,10	0,1	<0,10	
Chroom	30	50	500	-	5000	<2,0	<2,0	<2,0	5,3		3,9	3,6	<2,0	52	<2,0	
Koper	60	100	1000	-	10000	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0		<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
Kwik	0,6	1	10	-	100	<0,03	0,03	<0,03	<0,03		0,05	<0,03	<0,03	0,03	<0,03	
Lood	12	20	200	-	2000	5,4	<5,0	<5,0	<10		<10	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	
Nikkel	24	40	400	-	4000	<5,0	<5,0	8,2	<5,0		<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	
zink	300	500	5000	-	50000	92	<2,0	12	<2,0		38	<2,0	49	3,1	<2,0	
PAK																
Naftaleen	20	60	600	-	6000	<0,05	0,03	0,92	<0,20		0,045	1,1	5,5	0,037	0,36	1,1
Acenaftyleen	20	70	700	-	7000	<0,050	<0,050	<0,050	<0,50		<0,050	0,11	<0,050	<0,050	<0,050	0,1
Acenafteen	20	180	1800	-	18000	<0,01	<0,010	0,083	<0,10		<0,010	0,6	1,2	<0,010	0,026	4,3
Fluoreen	20	120	1200	-	12000	<0,010	<0,010	0,063	<0,10		<0,010	0,78	0,73	<0,010	0,034	0,15
Fenantreen	20	120	1200	-	12000	0,016	0,013	0,079	<0,10		0,011	1,2	1,2	<0,010	0,067	0,21
Antraceen	20	75	750	-	7500	<0,010	0,015	0,068	<0,10		<0,010	0,11	0,13	<0,010	<0,010	0,022
Benzo(a)antraceen	2	7	70	-	700	<0,010	<0,010	<0,010	<0,10		<0,010	0,011	0,13	<0,010	<0,010	0,011
Chryseen	0,9	1,5	15	-	150	<0,010	<0,010	0,015	<0,10		<0,010	0,012	0,061	<0,010	<0,010	0,011
Fluoranteen	2	4	40	-	400	<0,010	0,025	0,053	<0,10		<0,010	0,19	<0,010	0,012	0,028	0,043
Pyreen	20	90	900	-	9000	<0,010	0,019	0,044	<0,10		<0,010	0,1	<0,010	<0,010	0,017	0,028
Benzo(b)fluoranteen	0,7	1,2	12	-	120	<0,010	<0,010	<0,010	<0,10		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,02
Benzo(k)fluoranteen	0,4	0,76	7,6	-	76	<0,01	<0,010	<0,010	<0,10		<0,010	<0,010	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(a)pyreen	0,4	0,7	7	-	70	<0,010	<0,010	<0,010	<0,10		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,011
Dibenzo(a,h)antraceen	0,3	0,5	5	-	50	<0,010	<0,010	<0,010	<0,10		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,011
Benzo(ghi)peryleneen	0,10	0,26	2,6	-	26	<0,010	<0,010	<0,010	<0,10		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Indeno(123-cd)pyreen	0,06	0,1	1	-	10	<0,010	<0,010	<0,010	<0,10		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
som PAK																<6,1
Minerale olie																
Minerale olie C10 - C12																
Minerale olie C12 - C20																
Minerale olie C20 - C30																
Minerale olie C30 - C40																
Minerale olie (C10-C40)	300	500	5000	-	50000	<50	<50	<50	<50		<50	<50	<50	<50	<50	1200
Aromaten																
Benzeen	2	10	100	-	1000	<0,2	<0,2	0,2	0,3		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
Toluene	20	700	7000	-	70000	<0,5	0,6	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Ethylbenzeen	20	300	3000	-	30000	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Xylenen	20	500	5000	-	50000	<n.a.	<n.a.	<n.a.	<n.a.		<n.a.	<n.a.	<n.a.	0,2	<n.a.	
Styreen							<0,5	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Fenol							<10	<10	<10		<10	<10	<10	<10	<10	
Anorganische verb																
Vrije cyanides							<2,0	<2,0	<2,0		<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
Niet chloor oxideerbare cyanide som	40	70	700	1500	7000	4,4	<2,0	20	10		34	38	21	18	23	
Thiocyanaten (µg/l)																
Andere																
Ammonium als NH4 (mg/l) *	0,5	5	50	2508	500	14	14	19		17	14		12	12		
Ammonium als N (mg/l)							11	11	15		13	11		9	9,6	
Stikstof totaal (mg/l)				600			13	13	15		14	12		11	9,6	
Sulphate same as SO4 (mg/l) **	250	2500	25000	-	250000					1600						
Totaal sulfide als S (mg/l)																

						322-2b/813	322/2b-814	322/2b- 815	322/2b-816	322/2b-817	324P1	324P2	324P-3	901	902	903	904	905	906	907	
Filter (m-mv)						-3,64	-4,05	-4,13	-7,7	-3,5	-4,23	-7,29	-7,98	1-3	2-3	6,25-7,25	1,75-3,75	1,75-3,75	6-7	3,3-4,3	
datum						20/05/2015	20/05/2015	20/05/2015	20/05/2015	20/05/2015	12/05/2015	12/05/2015	11/05/2015	13/05/2015	19/05/2015	19/05/2015	20/05/2015	20/05/2015	20/05/2015	20/05/2015	
Basis PB (m-mv)						3,64	4,05	4,13	7,70	3,50	4,23	7,29	7,98	2,82	3,18	7,28	3,03	3,04	4,50	7,24	
Filter PB echt (m-mv)						-3,64	-4,05	-4,13	-7,7	-3,5	-4,23	-7,29	-7,98	1-3	2-3	6,25-7,25	1,75-3,75	1,75-3,75	6-7	3,3-4,3	
Grondwaterstand						1,57	2,07	2,37	2,45	2,32	1,67	1,76	2,20	1,18	1,02	1,53	0,81	0,85	0,66	1,13	
Drifflaag						neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	neen	
Opbrengst						slecht	matig	goed	goed	matig	goed	goed	goed	goed	matig	goed	goed	goed	slecht	goed	
Heiderheid						matig	matig	goed	goed	matig	goed	goed	goed	goed	goed	matig	goed	goed	goed	matig	matig
Geur						-	-	-	-	-	-	-	matige veengeur	-	carboline matig	lichte veengeur	-	-	terke carbolinege	-	
Kleur						bruin	lichtbruin	-	lichtgeel	lichtbruin	-	-	lichtgeel	-	lichtgeel	bruin	-	-	bruin	lichtbruin	
Ph						6,65	6,32	6,70	6,80	6,88	6,94	7,02	6,88	7,00	6,96	6,60	6,68	6,59	7,08	6,58	
EC (µS)						1390,00	1670,00	966,00	1400,00	743,00	970,00	778,00	2220,00	1950,00	939,00	1250,00	1540,00	1490,00	2420,00	1590,00	
Opmerking						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	onbekrington op	
labo						Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	
	RW	BSN	10xBSN	GS/TSW	100xBSN																
metalen																					
Arsen	12	20	200	-	2000	7,7	21,6	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	8,3	42,8	<5,0	6,4	5,3	200	<5,0	
Cadmium	3	5	50	-	500	<0,10	0,5	0,44	<0,10	0,24	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	
Chroom	30	50	500	-	5000	<2,0	2,4	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	8,2	<2,0	<2,0	3,1	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
Koper	60	100	1000	-	10000	<2,0	<2,0	5,2	<2,0	2,7	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
Kwik	0,6	1	10	-	100	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,08	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Lood	12	20	200	-	2000	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<10	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	
Nikkel	24	40	400	-	4000	14	100	21	<5,0	14	<5,0	<5,0	5,1	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	5,2	<5,0	
zink	300	500	5000	-	50000	72	1100	26	<2,0	2,3	13	<2,0	<2,0	89	<2,0	37	12	3,4	<2,0	<2,0	
PAK																					
Naftaleen	20	60	600	-	6000	<0,20	<20	<20	0,079	<0,020	0,037	0,036	290	0,2	38	0,37	0,098	0,11	900	<0,20	
Acenaftyleen	20	70	700	-	7000	0,12	<50	<50	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	<50	<0,050	<50	<0,50	<0,50	<0,50	<50	<0,50	
Acenaftaleen	20	180	1800	-	18000	0,56	41	33	<0,10	<0,010	0,28	0,42	<10	0,021	160	3,2	1,6	<0,10	300	1,2	
Fluoreen	20	120	1200	-	12000	<0,10	11	11	<0,10	<0,010	<0,050	<0,010	<10	<0,010	57	0,74	<0,10	<0,10	260	0,51	
Fenantreen	20	120	1200	-	12000	<0,10	<10	<10	<0,10	<0,010	<0,010	<0,010	<10	<0,010	39	<0,10	0,09	<0,10	340	0,14	
Antraceen	20	75	750	-	7500	<0,10	<10	<10	<0,10	<0,010	0,012	<0,010	<10	0,018	0,78	<0,10	<0,10	<0,10	26	<0,10	
Benzo(a)antraceen	2	7	70	-	700	<0,10	<10	<10	<0,10	<0,010	<0,010	<0,010	<10	<0,010	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	11	<0,10	
Chryseen	0,9	1,5	15	-	150	<0,10	<10	<10	<0,10	<0,010	<0,010	<0,010	<10	<0,010	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	10	<0,10	
Fluoranteen	2	4	40	-	400	0,19	<10	<10	<0,10	<0,010	0,095	<0,010	<10	<0,010	0,94	<0,10	<0,10	<0,10	71	<0,10	
Pyreen	20	90	900	-	9000	0,12	<10	<10	<0,10	<0,010	0,062	<0,010	<10	<0,010	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	37	<0,10	
Benzo(b)fluoranteen	0,7	1,2	12	-	120	<0,10	<10	<10	<0,10	<0,010	<0,010	<0,010	<10	<0,010	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<0,10	
Benzo(k)fluoranteen	0,4	0,76	7,6	-	76	<0,10	<10	<10	<0,10	<0,010	<0,010	<0,010	<10	<0,010	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<0,10	
Benzo(a)pyreen	0,4	0,7	7	-	70	<0,10	<10	<10	<0,10	<0,010	<0,010	<0,010	<10	<0,010	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<0,10	
Dibenzo(a,h)antraceen	0,3	0,5	5	-	50	<0,10	<10	<10	<0,10	<0,010	<0,010	<0,010	<10	<0,010	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<0,10	
Benzo(ghi)perylene	0,10	0,26	2,6	-	26	<0,10	<10	<10	<0,10	<0,010	<0,010	<0,010	<10	<0,010	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<0,10	
Indeno(123-cd)pyreen	0,06	0,1	1	-	10	<0,10	<10	<10	<0,10	<0,010	<0,010	<0,010	<10	<0,010	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<0,10	
som PAK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Minerale olie																					
Minerale olie C10 - C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Minerale olie C12 - C20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Minerale olie C20 - C30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Minerale olie C30 - C40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Minerale olie (C10-C40)	300	500	5000	-	50000	<50	110	170	<50	<50	<50	<50	220	<50	430	63	<50	<50	1920	<50	
Aromaten																					
Benzeen	2	10	100	-	1000	<0,2	1,5	3,6	1,9	<0,2	<0,2	<0,2	0,9	<0,2	4	<0,2	<0,2	<0,2	45	<0,2	
Tolueen	20	700	7000	-	70000	0,7	0,8	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,6	1,2	3,3	1,3	1,6	1,1	4,6	<0,5	
Ethylbenzeen	20	300	3000	-	30000	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,2	<0,5	<0,5	<0,5	17	<0,5	
Xylenen	20	500	5000	-	50000	<n.a.	0,2	<n.a.	<n.a.	<n.a.	<n.a.	<n.a.	4,8	0,4	4,5	1,9	0,4	0,4	35	0,2	
Styreen						<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,6	<0,5	
Fenol						<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	14	<10	<10	<10	250	<10	
Anorganische verb																					
Vrije cyanides	-	-	-	-	-	34	2,3	5,9	3,2	3,2	<2,0	<2,0	3,7	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
Niet chloor oxideerbare cyanide som	40	70	700	1500	7000	1400	75	74	72	57	4,7	19	27	6,1	8,3	4,5	6,6	9	30	31	
Thiocyanaten (µg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Andere																					
Ammonium als NH4 (mg/l) *	0,5	5,0	50,0	2508,0	500,0	3,0	54,0	63,0	66,0	<0,13	0,2	2,2	10,0	3,5	7,7	14,0	2,1	<0,13	7,0	21,0	
Ammonium als N (mg/l)	-	-	-	-	-	2,3	42	49	51	<0,10	0,17	1,7	8,1	2,7	6	11	1,6	<0,10	5,4	16	
Stikstof totaal (mg/l)	-	-	-	600	-	3,8	43	170	66	8,5	1,4	2,2	13	3,5	7,1	13	2	<1,1	11	17	
Sulphate same as SO4 (mg/l) **	250	2500	25000	-	250																

						910	911	912	913	914	PB2XL2	PB2XL1
Pellbuis												
filter (m-mv)						1,5-4,5	6,2-7,2	1-3	1-3	7,5-8,5		
datum						19/05/2015	19/05/2015	19/05/2015	19/05/2015	19/05/2015	25/08/2016	25/08/2016
Basis PB (m-mv)						3,14	7,48	3,04	3,04	8,73		
Filter PB echt (m-mv)						...-3,14	...-7,48	...-3,04	...-3,04	...-8,73		
Grondwaterstand						0,73	1,20	0,65	0,61	1,02		
Drifflaag						neen	neen	neen	neen	neen		
Opbrengst						matig	goed	goed	goed	slecht		
Heiderheid						goed	goed	goed	goed	matig		
Geur						terke carbolinege	-	-	terke carbolinege	-		
Kleur						lichtgeel	lichtgeel	-	-	geel		
Ph						6,99	6,76	7,03	7,03	7,24		
EC (µS)						883,00	1480,00	1200,00	1660,00	2730,00		
Opmerking						-	-	-	-	-		
labo						Al-West	Al-West	Al-West	Al-West	Al-West		
	RW	BSN	10xBSN	GS/TSW	100xBSN							
metalen												
Arseen	12	20	200	-	2000	55,1	<5,0	<5,0	10,9	55,7		
Cadmium	3	5	50	-	500	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10		
Chroom	30	50	500	-	5000	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2,5		
Koper	60	100	1000	-	10000	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0		
Kwik	0,6	1	10	-	100	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,04		
Lood	12	20	200	-	2000	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
Nikkel	24	40	400	-	4000	5,8	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
zink	300	500	5000	-	50000	2,9	<2,0	<2,0	<2,0	6,9		
PAK												
Naftaleen	20	60	600	-	6000	1,2	1,3	1,2	8000	<0,020		
Acenaftyleen	20	70	700	-	7000	0,87	<0,050	4,5	<500	0,057		
Acenafteen	20	180	1800	-	18000	67	0,14	240	460	0,11		
Fluoreen	20	120	1200	-	12000	47	0,05	96	270	0,21		
Fenantreen	20	120	1200	-	12000	42	0,041	17	200	0,089		
Antraceen	20	75	750	-	7500	5,2	0,014	7,3	<100	0,064		
Benzo(a)antraceen	2	7	70	-	700	0,79	<0,010	0,84	<100	0,12		
Chryseen	0,9	1,5	15	-	150	0,71	<0,010	0,71	<100	0,12		
Fluoranteen	2	4	40	-	400	12	0,012	28	<100	0,52		
Pyreen	20	90	900	-	9000	5,6	<0,010	11	<100	0,31		
Benzo(b)fluoranteen	0,7	1,2	12	-	120	<1,0	<0,010	<1,0	<100	0,046		
Benzo(k)fluoranteen	0,4	0,76	7,6	-	76	<1,0	<0,010	<1,0	<100	0,022		
Benzo(a)pyreen	0,4	0,7	7	-	70	<1,0	<0,010	<1,0	<100	0,04		
Dibenzo(a,h)antraceen	0,3	0,5	5	-	50	<1,0	<0,010	<1,0	<100	<0,010		
Benzo(ghi)perylene	0,10	0,26	2,6	-	26	<1,0	<0,010	<1,0	<100	0,017		
Indeno(123-cd)pyreen	0,06	0,1	1	-	10	<1,0	<0,010	<1,0	<100	0,016		
som PAK	-	-	-	-	-							
Minerale olie												
Minerale olie C10 - C12	-	-	-	-	-							
Minerale olie C12 - C20	-	-	-	-	-							
Minerale olie C20 - C30	-	-	-	-	-							
Minerale olie C30 - C40	-	-	-	-	-							
Minerale olie (C10-C40)	300	500	5000	-	50000	350	50	400	5160	130		
Aromaten												
Benzeen	2	10	100	-	1000	83	2,1	0,4	<10	7,6		
Tolueen	20	700	7000	-	70000	1,6	0,6	<0,5	<10	3,4		
Ethylbenzeen	20	300	3000	-	30000	1,2	<0,5	<0,5	31	2,4		
Xylenen	20	500	5000	-	50000	11	1	1,3	73	2,9		
Styreen						<0,5	<0,5	<0,5	<10	<0,5		
Fenol						180	22	<10	23	<10		
Anorganische verb												
Vrije cyanides	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0		
Niet chloor oxideerbare cyanide som	40	70	700	1500	7000	29	27	36	19	13		
Thiocyanaten (µg/l)	-	-	-	1500	-							
Andere												
Ammonium als NH4 (mg/l) *	0,5	5,0	50,0	2508,0	500,0	17,0	5,5	0,3	1,7	21,0	1,7	21,9
Ammonium als N (mg/l)	-	-	-	-	-	13	4,3	0,26	1,3	16	1,3	17
Stikstof totaal (mg/l)	-	-	-	600	-	15	5,8	<1,1	1,8	21	2,4	20
Sulphate same as SO4 (mg/l) **	250	2500	25000	-	250000							
Totaal sulfide als S (mg/l)	-	-	-	-	-							

Minerale olie

RW	BSN	10xBSN	100xBSN
<u>300</u>	500	5000	50000

Peilbuis naam	filter	Niveau	ZONE	jan/10	mei/15	dec/16
3000A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE OOST	64	<50	<50
3007A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE OOST	15300	2310	<50
3008A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE OOST	2060	930	<u>430</u>
5006A	3-4	A_veenlaag	ENERGIE OOST		<50	
5011A	3-4	A_veenlaag	ENERGIE OOST		170	<50
5012A	3-4	A_veenlaag	ENERGIE OOST		<50	
6017	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			<100
6018	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			4200
6019	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			<100
6020	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			<100
6022	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			<100
3003A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE WEST	<50	<50	
4001A1	3-4	A_veenlaag	ENERGIE WEST		<50	
7005	3-5	A_veenlaag	ENERGIE WEST			<50
7008	4-6	A_veenlaag	NOORD			1000
5004A	1-3	A_veenlaag	OVENSITE		72	
5005A	3-4	A_veenlaag	OVENSITE		120	
6003	-	A_veenlaag	OVENSITE			2200
6004	-	A_veenlaag	OVENSITE			2100
6005	-	A_veenlaag	OVENSITE			510
7007	4-6	A_veenlaag	OVENSITE			4700
3004A	2-6	A_veenlaag	STOCK	5170	4080	<100
5009A	3-4	A_veenlaag	STOCK		1420	
6001	3-4	A_veenlaag	STOCK			<u>440</u>
4002A1	3-4	A_veenlaag	STORT		<50	
5010A	3-4	A_veenlaag	STORT		<50	
7006	3-5	A_veenlaag	STORT			<u>450</u>
901	1-3	A_veenlaag	STRAAT		<50	
902	1-3	A_veenlaag	STRAAT		<u>430</u>	
903	6-7	A_veenlaag	STRAAT		63	
904	1-3	A_veenlaag	STRAAT		<50	
905	1-3	A_veenlaag	STRAAT		<50	
906		A_veenlaag	STRAAT		1920	
907	6-7	A_veenlaag	STRAAT		<50	
910	1-3	A_veenlaag	STRAAT		<u>350</u>	
911	6-7	A_veenlaag	STRAAT		50	
912	1-3	A_veenlaag	STRAAT		<u>400</u>	
913	1-3	A_veenlaag	STRAAT		5160	
914	7-8	A_veenlaag	STRAAT		130	
4000A1	3-4	A_veenlaag	VAKKEN CD		<50	<50
5001A	3-4	A_veenlaag	VAKKEN CD		<50	<50
5002A	3-4	A_veenlaag	VAKKEN CD		700	<u>440</u>
5003A	1-3	A_veenlaag	VAKKEN CD		<50	
6009	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			7300
6011	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			<50
6012	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			84

Minerale olie

RW	BSN	10xBSN	100xBSN
<u>300</u>	500	5000	50000

Peilbuis naam	filter	Niveau	ZONE	jan/10	mei/15	dec/16
6014	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			<100
6015	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			<100
6016	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			<100
6013	3,5-4,5	A_veenlaag	WERFKETEN			<100
813		A_veenlaag	WEST		<50	
814		A_veenlaag	WEST		110	
815		A_veenlaag	WEST		170	
816	7-8	A_veenlaag	WEST		<50	
324P1		A_veenlaag	WEST		<50	
324P2	6-7	A_veenlaag	WEST		<50	
324P3	7-8	A_veenlaag	WEST		<50	
6021	4-5	A_veenlaag	ZUID			<100
7001	-	A_veenlaag	ZUID			<50
7002	-	A_veenlaag	ZUID			<50
7003	-	A_veenlaag	ZUID			<50
7004	3-5	A_veenlaag	ZUID			<50
6002	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			260
6006	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			<100
6007	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			120
6008	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			640
6010	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			170
3000B	9-10	B_9-12	ENERGIE OOST	<50	<50	
3007B	9-10	B_9-12	ENERGIE OOST	11700	1760	1500
3008B	9-10	B_9-12	ENERGIE OOST	12200	3430	990
5006B	9-11	B_9-12	ENERGIE OOST		<50	
5011B	9-11	B_9-12	ENERGIE OOST		<50	
5012B	9-11	B_9-12	ENERGIE OOST		<50	
6031	11-12	B_9-12	ENERGIE OOST			3300
6032	11-12	B_9-12	ENERGIE OOST			<100
6034	11-12	B_9-12	ENERGIE OOST			<u>330</u>
3003B	9-10	B_9-12	ENERGIE WEST	<50		<50
4001A	9-11	B_9-12	ENERGIE WEST	<50	<50	
7010	10-12	B_9-12	NOORD			61
5004B	9-11	B_9-12	OVENSITE		1780	
5005B	9-11	B_9-12	OVENSITE		110	
5007B	9-11	B_9-12	OVENSITE		<50	230
5008B	9-11	B_9-12	OVENSITE		120	
6023	11-12	B_9-12	OVENSITE			2400
6024	11-12	B_9-12	OVENSITE			<u>440</u>
3004B	9-10	B_9-12	STOCK	<50	<50	
5009B	9-11	B_9-12	STOCK		<50	
7011	10-12	B_9-12	STOCK			<50
4002A	9-11	B_9-12	STORT	<50	<50	
5010B	9-11	B_9-12	STORT		<50	
4000A	9-11	B_9-12	VAKKEN CD		<u>310</u>	290
5001B	9-11	B_9-12	VAKKEN CD		<50	

Minerale olie

RW	BSN	10xBSN	100xBSN
<u>300</u>	500	5000	50000

Peilbuis naam	filter	Niveau	ZONE	jan/10	mei/15	dec/16
5002B	9-11	B_9-12	VAKKEN CD		<50	
5003B	9-11	B_9-12	VAKKEN CD		13900	13000
6027	11-12	B_9-12	VAKKEN CD			<100
6028	11-12	B_9-12	VAKKEN CD			<100
6029	-	B_9-12	VAKKEN CD			780000
6030	11-12	B_9-12	VAKKEN CD			<100
6033	-	B_9-12	VAKKEN CD			<100
7009	9-11	B_9-12	ZUID			<50
6025	11-12	B_9-12	ZV_oud			<100
6026	11-12	B_9-12	ZV_oud			<100
3000C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST	877	600	640
3001C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST			1500
3002C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST			1200
3007C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST	<u>448</u>	<50	
3008C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST	531	85	
5006C	13-15	C_13-15	ENERGIE OOST		<50	
5011C	13-15	C_13-15	ENERGIE OOST		<50	
3003C	14-15	C_13-15	ENERGIE WEST	<50	<50	
4001B	13-15	C_13-15	ENERGIE WEST	100	240	
3005C	14-15	C_13-15	OVENSITE	<50	<50	
3004C	14-15	C_13-15	STOCK	<50	<50	
4002B	13-15	C_13-15	STORT	<50	<50	
4000B	13-15	C_13-15	VAKKEN CD	<50	<50	
5001C	13-15	C_13-15	VAKKEN CD		<50	
5002C	13-15	C_13-15	VAKKEN CD		89	
5003C	13-15	C_13-15	VAKKEN CD		51	
7012	13-15	C_13-15	ZUID			<50
7013	13-15	C_13-15	ZUID			<50
3000D	19-20	D_18-20	ENERGIE OOST	<50	<50	
3007D	19-20	D_18-20	ENERGIE OOST	199	<50	
3008D	19-20	D_18-20	ENERGIE OOST	14300	7330	1400
5006D	18-20	D_18-20	ENERGIE OOST		<50	
5011D	18-20	D_18-20	ENERGIE OOST		<50	
6035	18-20	D_18-20	ENERGIE OOST			1200
3003D	19-20	D_18-20	ENERGIE WEST	<50	<50	
4001C	18-20	D_18-20	ENERGIE WEST	<50	<50	
3004D	19-20	D_18-20	STOCK	<50	<50	
4002C	18-20	D_18-20	STORT	<50	<50	
4000C	18-20	D_18-20	VAKKEN CD	<50	<50	
5002D	18-20	D_18-20	VAKKEN CD		<50	
3008E	24-26	E_24_26	ENERGIE OOST	<50	<50	

Naftaleen

RW	BSN	10xBSN	100xBSN
<u>20</u>	60	600	6000

Peilbuis naam	filter	Niveau	ZONE	jan/10	mei/15	dec/16
3000A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE OOST	0,3	0,032	
3007A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE OOST	3800	1900	<0,02
3008A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE OOST	590	380	410
5006A	3-4	A_veenlaag	ENERGIE OOST		0,54	
5011A	3-4	A_veenlaag	ENERGIE OOST		5,6	0,037
5012A	3-4	A_veenlaag	ENERGIE OOST		0,02	
6017	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			<0,1
6018	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			2000
6019	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			2,8
6020	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			9
6022	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			<1
3003A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE WEST	0,09	0,11	
4001A1	3-4	A_veenlaag	ENERGIE WEST		2	
7005	3-5	A_veenlaag	ENERGIE WEST			0,045
7008	4-6	A_veenlaag	NOORD			110
5004A	1-3	A_veenlaag	OVENSITE		<0,2	
5005A	3-4	A_veenlaag	OVENSITE		0,48	
6003	-	A_veenlaag	OVENSITE			370
6004	-	A_veenlaag	OVENSITE			6,4
6005	-	A_veenlaag	OVENSITE			<1
7007	4-6	A_veenlaag	OVENSITE			3,2
3004A	2-6	A_veenlaag	STOCK	2400	910	0,12
5009A	3-4	A_veenlaag	STOCK		0,029	
6001	3-4	A_veenlaag	STOCK			0,53
4002A1	3-4	A_veenlaag	STORT		0,023	
5010A	3-4	A_veenlaag	STORT		<0,2	
7006	3-5	A_veenlaag	STORT			120
901	1-3	A_veenlaag	STRAAT		0	
902	1-3	A_veenlaag	STRAAT		<u>38</u>	
903	6-7	A_veenlaag	STRAAT		0,37	
904	1-3	A_veenlaag	STRAAT		0,098	
905	1-3	A_veenlaag	STRAAT		0,11	
906		A_veenlaag	STRAAT		500	
907	6-7	A_veenlaag	STRAAT		<0,2	
910	1-3	A_veenlaag	STRAAT		1,2	
911	6-7	A_veenlaag	STRAAT		1,3	
912	1-3	A_veenlaag	STRAAT		1,2	
913	1-3	A_veenlaag	STRAAT		6400	
914	7-8	A_veenlaag	STRAAT		<0,02	
4000A1	3-4	A_veenlaag	VAKKEN CD		0,27	0,62
5001A	3-4	A_veenlaag	VAKKEN CD		0,3	0,21
5002A	3-4	A_veenlaag	VAKKEN CD		700	110
5003A	1-3	A_veenlaag	VAKKEN CD		0,12	
6009	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			3000
6011	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			0,62

Naftaleen

RW	BSN	10xBSN	100xBSN
<u>20</u>	60	600	6000

Peilbuis naam	filter	Niveau	ZONE	jan/10	mei/15	dec/16
6012	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			<0,02
6014	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			<1
6015	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			0,4
6016	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			<2
6013	3,5-4,5	A_veenlaag	WERFKETEN			2,1
813		A_veenlaag	WEST		<0,2	
814		A_veenlaag	WEST		<20	
815		A_veenlaag	WEST		<20	
816	7-8	A_veenlaag	WEST		0,79	
6021	4-5	A_veenlaag	ZUID			0,18
7001	-	A_veenlaag	ZUID			0,9
7002	-	A_veenlaag	ZUID			0,41
7003	-	A_veenlaag	ZUID			0,5
7004	3-5	A_veenlaag	ZUID			0,34
6002	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			<0,1
6006	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			5,3
6007	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			3
6008	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			64
6010	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			14
3000B	9-10	B_9-12	ENERGIE OOST	<0,05	<u>35</u>	
3007B	9-10	B_9-12	ENERGIE OOST	4300	1700	820
3008B	9-10	B_9-12	ENERGIE OOST	3400	2400	480
5006B	9-11	B_9-12	ENERGIE OOST		0,13	
5011B	9-11	B_9-12	ENERGIE OOST		0,12	
5012B	9-11	B_9-12	ENERGIE OOST		0,029	
6031	11-12	B_9-12	ENERGIE OOST			360
6032	11-12	B_9-12	ENERGIE OOST			0,74
6034	11-12	B_9-12	ENERGIE OOST			0,75
3003B	9-10	B_9-12	ENERGIE WEST	<0,05	0,06	
4001A	9-11	B_9-12	ENERGIE WEST	<0,05	0,033	
7010	10-12	B_9-12	NOORD			19
5004B	9-11	B_9-12	OVENSITE		73	
5005B	9-11	B_9-12	OVENSITE		0,021	
5007B	9-11	B_9-12	OVENSITE		2,3	<u>24</u>
5008B	9-11	B_9-12	OVENSITE		0,12	
6023	11-12	B_9-12	OVENSITE			1600
6024	11-12	B_9-12	OVENSITE			120
3004B	9-10	B_9-12	STOCK	<0,05	0,023	
5009B	9-11	B_9-12	STOCK		0,35	
7011	10-12	B_9-12	STOCK			0,87
4002A	9-11	B_9-12	STORT	<0,05	<0,02	
5010B	9-11	B_9-12	STORT		<0,02	
4000A	9-11	B_9-12	VAKKEN CD	87	90	<u>51</u>
5001B	9-11	B_9-12	VAKKEN CD		0,19	
5002B	9-11	B_9-12	VAKKEN CD		0,62	

Naftaleen

RW	BSN	10xBSN	100xBSN
<u>20</u>	60	600	6000

Peilbuis naam	filter	Niveau	ZONE	jan/10	mei/15	dec/16
5003B	9-11	B_9-12	VAKKEN CD		18000	6500
6027	11-12	B_9-12	VAKKEN CD			12
6028	11-12	B_9-12	VAKKEN CD			1,9
6029	-	B_9-12	VAKKEN CD			6800
6030	11-12	B_9-12	VAKKEN CD			0,26
6033	-	B_9-12	VAKKEN CD			3,4
7009	9-11	B_9-12	ZUID			2,8
6025	11-12	B_9-12	ZV_oud			0,47
6026	11-12	B_9-12	ZV_oud			0,48
3000C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST	7,6	0,035	
3007C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST	0,2	0,99	0,87
3008C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST	<u>29</u>	8,4	
5006C	13-15	C_13-15	ENERGIE OOST		0,32	
5011C	13-15	C_13-15	ENERGIE OOST		0,11	
3003C	14-15	C_13-15	ENERGIE WEST	<0,05	<0,02	
4001B	13-15	C_13-15	ENERGIE WEST	0,052	<2	
3005C	14-15	C_13-15	OVENSITE	0,08	0,037	
3004C	14-15	C_13-15	STOCK	<0,05	<0,2	
4002B	13-15	C_13-15	STORT	<0,05	0,051	
4000B	13-15	C_13-15	VAKKEN CD	<0,05	0,048	
5001C	13-15	C_13-15	VAKKEN CD		0,12	
5002C	13-15	C_13-15	VAKKEN CD		0,31	
5003C	13-15	C_13-15	VAKKEN CD		0,096	
7012	13-15	C_13-15	ZUID			0,91
7013	13-15	C_13-15	ZUID			0,021
3000D	19-20	D_18-20	ENERGIE OOST	0,2	0,49	
3007D	19-20	D_18-20	ENERGIE OOST	0,3	1,1	
3008D	19-20	D_18-20	ENERGIE OOST	2300	3200	1,5
5006D	18-20	D_18-20	ENERGIE OOST		0,045	
5011D	18-20	D_18-20	ENERGIE OOST		1,1	
6035	18-20	D_18-20	ENERGIE OOST		1,1	
3003D	19-20	D_18-20	ENERGIE WEST	0,08	0,032	
4001C	18-20	D_18-20	ENERGIE WEST	0,2	0,038	
3004D	19-20	D_18-20	STOCK	<0,05	<0,02	
4002C	18-20	D_18-20	STORT	<0,05	0,92	
4000C	18-20	D_18-20	VAKKEN CD	0,4	0,021	
5002D	18-20	D_18-20	VAKKEN CD		<0,2	
3008E	24-26	E_24_26	ENERGIE OOST	5,5	0,36	

CN (som)

RW	BSN	TSW	100xBSN
<u>40</u>	70	1500	7000

Peilbuis naam	filter	Niveau	ZONE	jan/10	mei/15	dec/16
3000A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE OOST	8,9	11000	5700
3001A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE OOST		13000	15000
3002A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE OOST		4100	
3007A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE OOST	3800	770	170
3008A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE OOST	2000	1900	2000
5006A	3-4	A_veenlaag	ENERGIE OOST		150	210
5011A	3-4	A_veenlaag	ENERGIE OOST		200	13
5012A	3-4	A_veenlaag	ENERGIE OOST		3200	630
6017	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			96
6018	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			75
6019	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			78
6020	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			71
6022	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			65
3003A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE WEST	400	240	
4001A1	3-4	A_veenlaag	ENERGIE WEST		150	240
7005	3-5	A_veenlaag	ENERGIE WEST			510
7008	4-6	A_veenlaag	NOORD			16
5004A	1-3	A_veenlaag	OVENSITE		420	
5005A	3-4	A_veenlaag	OVENSITE		70	
6003	-	A_veenlaag	OVENSITE			99
6004	-	A_veenlaag	OVENSITE			160
6005	-	A_veenlaag	OVENSITE			250
7007	4-6	A_veenlaag	OVENSITE			75
3004A	2-6	A_veenlaag	STOCK	800	400	
5009A	3-4	A_veenlaag	STOCK		110	
6001	3-4	A_veenlaag	STOCK			35
4002A1	3-4	A_veenlaag	STORT		86	
5010A	3-4	A_veenlaag	STORT		160	
7006	3-5	A_veenlaag	STORT			180
901	1-3	A_veenlaag	STRAAT		6,1	
902	1-3	A_veenlaag	STRAAT		8,3	
903	6-7	A_veenlaag	STRAAT		4,8	
904	1-3	A_veenlaag	STRAAT		6,6	
905	1-3	A_veenlaag	STRAAT		9	
906		A_veenlaag	STRAAT		30	
907	6-7	A_veenlaag	STRAAT		31	
910	1-3	A_veenlaag	STRAAT		29	
911	6-7	A_veenlaag	STRAAT		27	
912	1-3	A_veenlaag	STRAAT		36	
913	1-3	A_veenlaag	STRAAT		19	
914	7-8	A_veenlaag	STRAAT		13	
4000A1	3-4	A_veenlaag	VAKKEN CD		6600	5600
5001A	3-4	A_veenlaag	VAKKEN CD		36	95
5002A	3-4	A_veenlaag	VAKKEN CD		400	430
5003A	1-3	A_veenlaag	VAKKEN CD		300	
6009	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			140
6011	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			790

CN (som)

RW	BSN	TSW	100xBSN
40	70	1500	7000

Peilbuis naam	filter	Niveau	ZONE	jan/10	mei/15	dec/16
6012	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			160
6014	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			700
6015	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			540
6016	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			3000
6013	3,5-4,5	A_veenlaag	WERFKETEN			13
813		A_veenlaag	WEST		1400	
814		A_veenlaag	WEST		75	
815		A_veenlaag	WEST		74	
816	7-8	A_veenlaag	WEST		72	
324P1		A_veenlaag	WEST		4,7	
324P2	6-7	A_veenlaag	WEST		19	
324P3	7-8	A_veenlaag	WEST		27	
6021	4-5	A_veenlaag	ZUID			36
7001	-	A_veenlaag	ZUID			18
7002	-	A_veenlaag	ZUID			4,8
7003	-	A_veenlaag	ZUID			1,9
7004	3-5	A_veenlaag	ZUID			17
6002	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			150
6006	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			62
6007	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			1900
6008	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			1400
6010	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			86
3000B	9-10	B_9-12	ENERGIE OOST	<2	140	170
3001B	9-10	B_9-12	ENERGIE OOST		140	200
3002B	9-10	B_9-12	ENERGIE OOST		1600	
3007B	9-10	B_9-12	ENERGIE OOST	150	690	350
3008B	9-10	B_9-12	ENERGIE OOST	72	2200	2100
5006B	9-11	B_9-12	ENERGIE OOST		29	
5011B	9-11	B_9-12	ENERGIE OOST		42	110
5012B	9-11	B_9-12	ENERGIE OOST		29	28
6031	11-12	B_9-12	ENERGIE OOST			740
6032	11-12	B_9-12	ENERGIE OOST			79
6034	11-12	B_9-12	ENERGIE OOST			3,2
3003B	9-10	B_9-12	ENERGIE WEST	130	150	
4001A	9-11	B_9-12	ENERGIE WEST	<2	340	
7010	10-12	B_9-12	NOORD			<1
5004B	9-11	B_9-12	OVENSITE		18	
5005B	9-11	B_9-12	OVENSITE		92	
5007B	9-11	B_9-12	OVENSITE		140	
5008B	9-11	B_9-12	OVENSITE		54	
6023	11-12	B_9-12	OVENSITE			5,7
6024	11-12	B_9-12	OVENSITE			41
3004B	9-10	B_9-12	STOCK	<2	4,3	
5009B	9-11	B_9-12	STOCK		140	
7011	10-12	B_9-12	STOCK			26
4002A	9-11	B_9-12	STORT	1400	18	
5010B	9-11	B_9-12	STORT		310	

CN (som)

RW	BSN	<i>TSW</i>	100xBSN
<u>40</u>	70	1500	7000

Peilbuis naam	filter	Niveau	ZONE	jan/10	mei/15	dec/16
4000A	9-11	B_9-12	VAKKEN CD	13000	21000	40000
5001B	9-11	B_9-12	VAKKEN CD		22	
5002B	9-11	B_9-12	VAKKEN CD		26	
5003B	9-11	B_9-12	VAKKEN CD		340	1500
6027	11-12	B_9-12	VAKKEN CD			21
6028	11-12	B_9-12	VAKKEN CD			23
6029	-	B_9-12	VAKKEN CD			320
6030	11-12	B_9-12	VAKKEN CD			1700
6033	-	B_9-12	VAKKEN CD			80
7009	9-11	B_9-12	ZUID			36
6025	11-12	B_9-12	ZV_oud			130
6026	11-12	B_9-12	ZV_oud			110
3000C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST	<2	80	650
3001C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST		31	
3002C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST		25	
3007C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST	76	<u>57</u>	
3008C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST	<u>47</u>	97	2100
5006C	13-15	C_13-15	ENERGIE OOST		190	
5011C	13-15	C_13-15	ENERGIE OOST		510	
3003C	14-15	C_13-15	ENERGIE WEST	77	<u>43</u>	
4001B	13-15	C_13-15	ENERGIE WEST	430	170	
3005C	14-15	C_13-15	OVENSITE	5,1	2,3	
3004C	14-15	C_13-15	STOCK	10	7,3	
4002B	13-15	C_13-15	STORT	91	4,4	
4000B	13-15	C_13-15	VAKKEN CD	71	22	16
5001C	13-15	C_13-15	VAKKEN CD		8,2	
5002C	13-15	C_13-15	VAKKEN CD		16	
5003C	13-15	C_13-15	VAKKEN CD		20	
7012	13-15	C_13-15	ZUID			36
7013	13-15	C_13-15	ZUID			83
3000D	19-20	D_18-20	ENERGIE OOST	<2	5,3	14
3007D	19-20	D_18-20	ENERGIE OOST	<u>50</u>	36	
3008D	19-20	D_18-20	ENERGIE OOST	39	<u>68</u>	2300
5006D	18-20	D_18-20	ENERGIE OOST		34	
5011D	18-20	D_18-20	ENERGIE OOST		38	
3003D	19-20	D_18-20	ENERGIE WEST	8,4	<2	
4001C	18-20	D_18-20	ENERGIE WEST	130	<u>70</u>	
3004D	19-20	D_18-20	STOCK	3,3	3,3	
4002C	18-20	D_18-20	STORT	4,4	<2	
4000C	18-20	D_18-20	VAKKEN CD	20	9	5,1
5002D	18-20	D_18-20	VAKKEN CD		10	
3008E	24-26	E_24_26	ENERGIE OOST	21	23	

Ammonium

RW	BSN	10xBSN	TSW
<u>0,5</u>	5	50	2508

Peilbuis naam	filter	Niveau	ZONE	jan/10	mei/15	dec/16
3000A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE OOST		24	
3007A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE OOST		15	
3008A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE OOST		9,1	
5006A	3-4	A_veenlaag	ENERGIE OOST		5,3	
5011A	3-4	A_veenlaag	ENERGIE OOST		12	
5012A	3-4	A_veenlaag	ENERGIE OOST		9,9	
6017	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			5,4
6018	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			30
6019	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			16
3003A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE WEST		2,4	
4001A1	3-4	A_veenlaag	ENERGIE WEST		4,3	
7005	3-5	A_veenlaag	ENERGIE WEST			12
5004A	1-3	A_veenlaag	OVENSITE		19	
5005A	3-4	A_veenlaag	OVENSITE		9,1	2
3004A	2-6	A_veenlaag	STOCK		12	
5009A	3-4	A_veenlaag	STOCK		5,4	
4002A1	3-4	A_veenlaag	STORT		40	
5010A	3-4	A_veenlaag	STORT		150	
7006	3-5	A_veenlaag	STORT			31
901	1-3	A_veenlaag	STRAAT		3,5	
902	1-3	A_veenlaag	STRAAT		7,7	
903	6-7	A_veenlaag	STRAAT		14	
904	1-3	A_veenlaag	STRAAT		2,1	
905	1-3	A_veenlaag	STRAAT		<0,13	
906		A_veenlaag	STRAAT		7	
907	6-7	A_veenlaag	STRAAT		21	
910	1-3	A_veenlaag	STRAAT		17	
911	6-7	A_veenlaag	STRAAT		5,5	
912	1-3	A_veenlaag	STRAAT		0,3	
913	1-3	A_veenlaag	STRAAT		1,7	
914	7-8	A_veenlaag	STRAAT		21	
4000A1	3-4	A_veenlaag	VAKKEN CD		27	
5001A	3-4	A_veenlaag	VAKKEN CD		3300	0,9
5002A	3-4	A_veenlaag	VAKKEN CD		150	150
5003A	1-3	A_veenlaag	VAKKEN CD		3,7	
6009	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			62
6011	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			33
6012	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			130
6013	3,5-4,5	A_veenlaag	WERFKETEN			9,1
813		A_veenlaag	WEST		3	
814		A_veenlaag	WEST		54	
815		A_veenlaag	WEST		63	
816	7-8	A_veenlaag	WEST		66	
324P1		A_veenlaag	WEST		0,2	
324P2	6-7	A_veenlaag	WEST		2,2	

Ammonium

RW	BSN	10xBSN	TSW
<u>0,5</u>	5	50	2508

Peilbuis naam	filter	Niveau	ZONE	jan/10	mei/15	dec/16
324P3	7-8	A_veenlaag	WEST		10	
PB2XL1		A_veenlaag	WEST		<u>1,7</u>	
PB2XL2		A_veenlaag	WEST		21,9	
7004	3-5	A_veenlaag	ZUID			5,8
6010	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			<u>1,1</u>
3000B	9-10	B_9-12	ENERGIE OOST		13	
3007B	9-10	B_9-12	ENERGIE OOST		7,1	
3008B	9-10	B_9-12	ENERGIE OOST		10	
5006B	9-11	B_9-12	ENERGIE OOST		<u>3,3</u>	
5011B	9-11	B_9-12	ENERGIE OOST		48	
5012B	9-11	B_9-12	ENERGIE OOST		<u>4,6</u>	
3003B	9-10	B_9-12	ENERGIE WEST		18	
4001A	9-11	B_9-12	ENERGIE WEST		14	<u>0,58</u>
5004B	9-11	B_9-12	OVENSITE		<u>4,6</u>	
5005B	9-11	B_9-12	OVENSITE		39	
5007B	9-11	B_9-12	OVENSITE		<u>4,9</u>	
5008B	9-11	B_9-12	OVENSITE		<u>2,7</u>	
6024	11-12	B_9-12	OVENSITE			21
3004B	9-10	B_9-12	STOCK		11	
5009B	9-11	B_9-12	STOCK		6,4	
4002A	9-11	B_9-12	STORT		<u>4,6</u>	
5010B	9-11	B_9-12	STORT		14	
4000A	9-11	B_9-12	VAKKEN CD		37	0,087
5001B	9-11	B_9-12	VAKKEN CD		260	420
5002B	9-11	B_9-12	VAKKEN CD		35	<u>2,7</u>
5003B	9-11	B_9-12	VAKKEN CD		15	
6027	11-12	B_9-12	VAKKEN CD			24
6028	11-12	B_9-12	VAKKEN CD			28
6029	-	B_9-12	VAKKEN CD			35
6033	-	B_9-12	VAKKEN CD			33
7009	9-11	B_9-12	ZUID			33
3000C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST		41	
3007C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST		23	
3008C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST		33	
5006C	13-15	C_13-15	ENERGIE OOST		36	
5011C	13-15	C_13-15	ENERGIE OOST		27	
3003C	14-15	C_13-15	ENERGIE WEST		23	
4001B	13-15	C_13-15	ENERGIE WEST		61	62
3005C	14-15	C_13-15	OVENSITE		41	<u>0,62</u>
3004C	14-15	C_13-15	STOCK		17	
4002B	13-15	C_13-15	STORT		17	
4000B	13-15	C_13-15	VAKKEN CD		710	110
5001C	13-15	C_13-15	VAKKEN CD		19	
5002C	13-15	C_13-15	VAKKEN CD		37	
5003C	13-15	C_13-15	VAKKEN CD		880	8,3

Ammonium

RW	BSN	10xBSN	TSW
<u>0,5</u>	5	50	2508

Peilbuis naam	filter	Niveau	ZONE	jan/10	mei/15	dec/16
3000D	19-20	D_18-20	ENERGIE OOST		24	
3007D	19-20	D_18-20	ENERGIE OOST		21	
3008D	19-20	D_18-20	ENERGIE OOST		12	
5006D	18-20	D_18-20	ENERGIE OOST		17	
5011D	18-20	D_18-20	ENERGIE OOST		14	
3003D	19-20	D_18-20	ENERGIE WEST		11	
4001C	18-20	D_18-20	ENERGIE WEST		44	
3004D	19-20	D_18-20	STOCK		11	
4002C	18-20	D_18-20	STORT		14	
4000C	18-20	D_18-20	VAKKEN CD		22	
5002D	18-20	D_18-20	VAKKEN CD		19	
3008E	24-26	E_24_26	ENERGIE OOST		12	

Benzeen

RW	BSN	10xBSN	100xBSN
<u>2</u>	10	100	1000

Peilbuis naam	filter	Niveau	ZONE	jan/10	mei/15	dec/16
3000A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE OOST		<u>3,4</u>	
3007A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE OOST	2300	210	0,23
3008A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE OOST	<u>4,6</u>	11	<u>9,1</u>
5006A	3-4	A_veenlaag	ENERGIE OOST		<0,2	
5011A	3-4	A_veenlaag	ENERGIE OOST		12	<0,2
5012A	3-4	A_veenlaag	ENERGIE OOST		<0,2	
6017	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			<0,5
6018	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			650
6019	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			<u>4,7</u>
6020	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			<0,5
6022	4-5	A_veenlaag	ENERGIE OOST			<0,5
3003A	2-6	A_veenlaag	ENERGIE WEST	0,3	<0,2	
4001A1	3-4	A_veenlaag	ENERGIE WEST		0,5	
7005	3-5	A_veenlaag	ENERGIE WEST			<0,2
7008	4-6	A_veenlaag	NOORD			95
5004A	1-3	A_veenlaag	OVENSITE		<u>5</u>	
5005A	3-4	A_veenlaag	OVENSITE		<u>2,1</u>	
6003	-	A_veenlaag	OVENSITE			<0,5
6004	-	A_veenlaag	OVENSITE			60
6005	-	A_veenlaag	OVENSITE			24
7007	4-6	A_veenlaag	OVENSITE			140
3004A	2-6	A_veenlaag	STOCK	23	15	
5009A	3-4	A_veenlaag	STOCK		<0,6	
6001	3-4	A_veenlaag	STOCK			1,3
4002A1	3-4	A_veenlaag	STORT		<0,2	
5010A	3-4	A_veenlaag	STORT		<0,2	
7006	3-5	A_veenlaag	STORT			28
901	1-3	A_veenlaag	STRAAT		<0,2	
902	1-3	A_veenlaag	STRAAT		<u>4</u>	
903	6-7	A_veenlaag	STRAAT		<0,2	
904	1-3	A_veenlaag	STRAAT		<0,2	
905	1-3	A_veenlaag	STRAAT		<0,2	
906		A_veenlaag	STRAAT		45	
907	6-7	A_veenlaag	STRAAT		<0,2	
910	1-3	A_veenlaag	STRAAT		83	
911	6-7	A_veenlaag	STRAAT		<u>2,1</u>	
912	1-3	A_veenlaag	STRAAT		0,4	
913	1-3	A_veenlaag	STRAAT		<10	
914	7-8	A_veenlaag	STRAAT		<u>7,6</u>	
4000A1	3-4	A_veenlaag	VAKKEN CD		290	490
5001A	3-4	A_veenlaag	VAKKEN CD		87	0,43
5002A	3-4	A_veenlaag	VAKKEN CD		1400	730
5003A	1-3	A_veenlaag	VAKKEN CD		0,3	
6009	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			1000
6011	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			29
6012	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			370

Benzeen

RW	BSN	10xBSN	100xBSN
<u>2</u>	10	100	1000

Peilbuis naam	filter	Niveau	ZONE	jan/10	mei/15	dec/16
6014	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			<0,5
6015	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			0,58
6016	4-5	A_veenlaag	VAKKEN CD			<0,5
6013	3,5-4,5	A_veenlaag	WERFKETEN			13
813		A_veenlaag	WEST		<0,2	
814		A_veenlaag	WEST		1,5	
815		A_veenlaag	WEST		<u>3,6</u>	
816	7-8	A_veenlaag	WEST		1,9	
324P1		A_veenlaag	WEST		<0,2	
324P2	6-7	A_veenlaag	WEST		<0,2	
324P3	7-8	A_veenlaag	WEST		0,9	
6021	4-5	A_veenlaag	ZUID			<0,5
7001	-	A_veenlaag	ZUID			0,54
7002	-	A_veenlaag	ZUID			<0,2
7003	-	A_veenlaag	ZUID			<0,2
7004	3-5	A_veenlaag	ZUID			<0,2
6002	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			<u>4</u>
6006	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			1,2
6007	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			<u>3,5</u>
6008	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			750
6010	4-5	A_veenlaag	ZV_oud			<0,5
3000B	9-10	B_9-12	ENERGIE OOST	<0,2	<0,2	
3007B	9-10	B_9-12	ENERGIE OOST	390	98	280
3008B	9-10	B_9-12	ENERGIE OOST	69	17	<u>9,7</u>
5006B	9-11	B_9-12	ENERGIE OOST		<0,2	
5011B	9-11	B_9-12	ENERGIE OOST		<0,2	
5012B	9-11	B_9-12	ENERGIE OOST		<0,2	
6031	11-12	B_9-12	ENERGIE OOST			190
6032	11-12	B_9-12	ENERGIE OOST			0,63
6034	11-12	B_9-12	ENERGIE OOST			<0,5
3003B	9-10	B_9-12	ENERGIE WEST	<0,1	<0,2	
4001A	9-11	B_9-12	ENERGIE WEST	0,2	<0,2	
7010	10-12	B_9-12	NOORD			<0,2
5004B	9-11	B_9-12	OVENSITE		240	
5005B	9-11	B_9-12	OVENSITE		0,3	
5007B	9-11	B_9-12	OVENSITE		<u>5,2</u>	
5008B	9-11	B_9-12	OVENSITE		<u>9,3</u>	
6023	11-12	B_9-12	OVENSITE			14
6024	11-12	B_9-12	OVENSITE			<u>5,4</u>
3004B	9-10	B_9-12	STOCK	<0,1	<0,2	
5009B	9-11	B_9-12	STOCK		<0,2	
7011	10-12	B_9-12	STOCK			12
4002A	9-11	B_9-12	STORT	<0,2	<0,2	
5010B	9-11	B_9-12	STORT		<0,2	
4000A	9-11	B_9-12	VAKKEN CD	9000	28000	32000
5001B	9-11	B_9-12	VAKKEN CD		0,3	

Benzeen

RW	BSN	10xBSN	100xBSN
<u>2</u>	10	100	1000

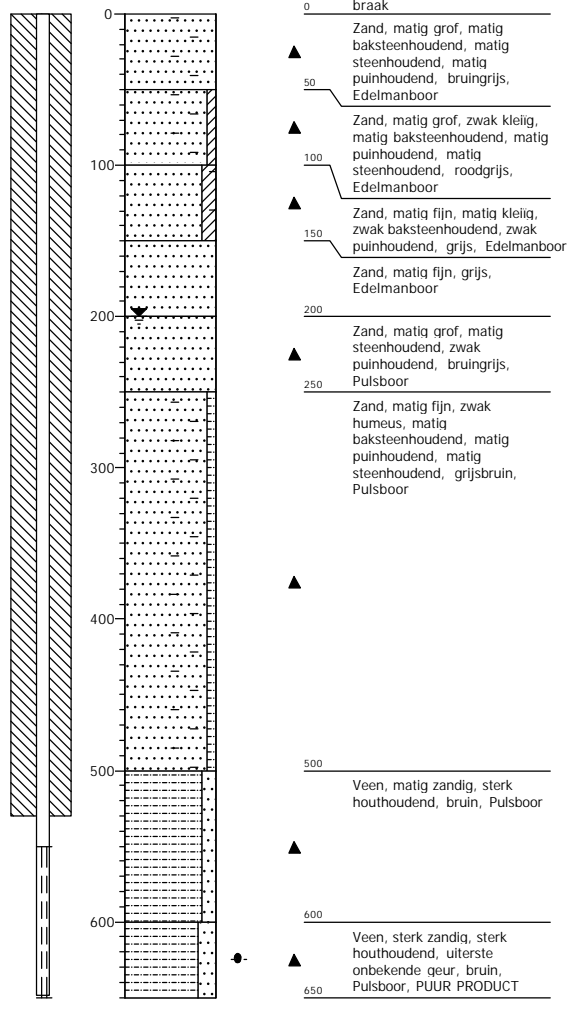
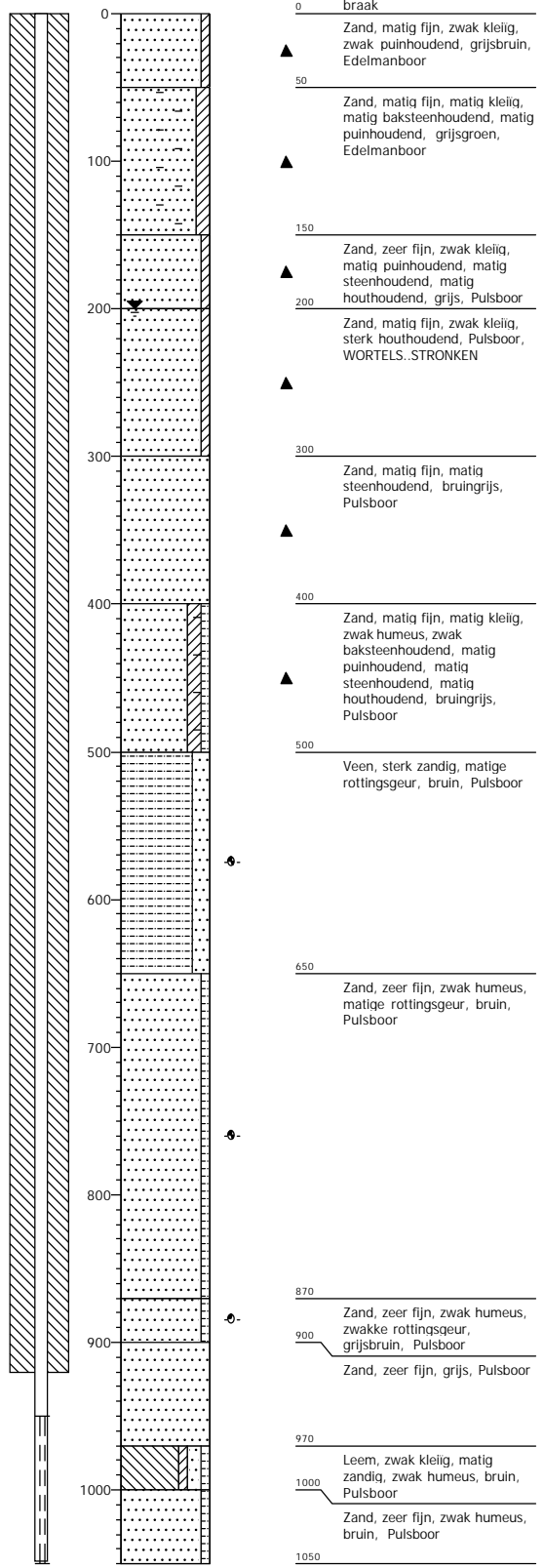
Peilbuis naam	filter	Niveau	ZONE	jan/10	mei/15	dec/16
5002B	9-11	B_9-12	VAKKEN CD		1,7	
5003B	9-11	B_9-12	VAKKEN CD		9100	5000
6027	11-12	B_9-12	VAKKEN CD			15
6028	11-12	B_9-12	VAKKEN CD			60
6029	-	B_9-12	VAKKEN CD			31000
6030	11-12	B_9-12	VAKKEN CD			89
6033	-	B_9-12	VAKKEN CD			<0,5
7009	9-11	B_9-12	ZUID			0,23
6025	11-12	B_9-12	ZV_oud			<0,5
6026	11-12	B_9-12	ZV_oud			<0,2
3000C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST	260	210	230
3001C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST			380
3002C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST			300
3007C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST	<0,6	<0,2	
3008C	14-15	C_13-15	ENERGIE OOST	<0,6	0,3	
5006C	13-15	C_13-15	ENERGIE OOST		<0,2	
5011C	13-15	C_13-15	ENERGIE OOST		<0,2	
3003C	14-15	C_13-15	ENERGIE WEST	<0,6	<0,2	
4001B	13-15	C_13-15	ENERGIE WEST	98	95	
3005C	14-15	C_13-15	OVENSITE	<0,1	<0,2	
3004C	14-15	C_13-15	STOCK	0,2	<0,2	
4002B	13-15	C_13-15	STORT	<0,2	<0,2	
4000B	13-15	C_13-15	VAKKEN CD	1,6	2	
5001C	13-15	C_13-15	VAKKEN CD		<0,2	
5002C	13-15	C_13-15	VAKKEN CD		0,5	
5003C	13-15	C_13-15	VAKKEN CD		1,4	
7012	13-15	C_13-15	ZUID		<0,2	
7013	13-15	C_13-15	ZUID		<0,2	
3000D	19-20	D_18-20	ENERGIE OOST	<u>3,3</u>	<0,2	
3007D	19-20	D_18-20	ENERGIE OOST	<0,6	0,3	
3008D	19-20	D_18-20	ENERGIE OOST	15	20	13
5006D	18-20	D_18-20	ENERGIE OOST		<0,2	
5011D	18-20	D_18-20	ENERGIE OOST		<0,2	
3003D	19-20	D_18-20	ENERGIE WEST	<0,6	<0,2	
4001C	18-20	D_18-20	ENERGIE WEST	<0,2	<0,2	
3004D	19-20	D_18-20	STOCK	<0,1	<0,2	
4002C	18-20	D_18-20	STORT	<0,2	<0,2	
4000C	18-20	D_18-20	VAKKEN CD	<u>2,8</u>	<u>2,8</u>	
5002D	18-20	D_18-20	VAKKEN CD		0,3	
3008E	24-26	E_24_26	ENERGIE OOST		<0,2	

Peilbuis naam	Type	Diepte	filter	Niveau	Datum geplaatst	Laatste bemonstering	Toestand (WEG/?/OK)	ZONE	Lambert X	Lambert Y	Opmerking
3000A	PB	6	2-6	A_veenlaag	2010	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
3000B	PB	10	9-10	B_9-12	2010	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
3000C	PB	15	14-15	C_13-15	2010	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
3000D	PB	20	19-20	D_18-20	2010	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
3001A	PB	6	2-6	A_veenlaag	2010	aug/16	OK	ENERGIE OOST			
3001B	PB	10	9-10	B_9-12	2010	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
3001C	PB	15	14-15	C_13-15	2010	aug/16	OK	ENERGIE OOST			
3002A	PB	6	2-6	A_veenlaag	2010	mei/15	OK	ENERGIE OOST			?
3002B	PB	10	9-10	B_9-12	2010	mei/15	OK	ENERGIE OOST			?
3002C	PB	15	14-15	C_13-15	2010	aug/16	OK	ENERGIE OOST			
3007A	PB	6	2-6	A_veenlaag	2010	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
3007B	PB	10,5	9-10	B_9-12	2010	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
3007C	PB	14,5	14-15	C_13-15	2010	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
3007D	PB	20	19-20	D_18-20	2010	mei/15	WEG	ENERGIE OOST			18/03/29 - niet gevonden
3008A	PB	6	2-6	A_veenlaag	2010	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
3008B	PB	10	9-10	B_9-12	2010	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
3008C	PB	15	14-15	C_13-15	2010	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
3008D	PB	20	19-20	D_18-20	2010	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
3008E	PB	26	24-26	E_24_26	2010	mei/15	?	ENERGIE OOST			? - te controleren
5006A	PB	4	3-4	A_veenlaag	30/03/2015	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
5006B	PB	11	9-11	B_9-12	16/12/2014	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
5006C	PB	15	13-15	C_13-15	16/12/2014	mei/15	OK	ENERGIE OOST			?
5006D	PB	20	18-20	D_18-20	10/12/2014	mei/15	OK	ENERGIE OOST			?
5011A	PB	4	3-4	A_veenlaag	30/03/2015	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
5011B	PB	11	9-11	B_9-12	13/03/2015	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
5011C	PB	15	13-15	C_13-15	13/03/2015	mei/15	OK	ENERGIE OOST			?
5011D	PB	20	18-20	D_18-20	7/01/2015	mei/15	OK	ENERGIE OOST			?
5012A	PB	4	3-4	A_veenlaag	30/03/2015	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
5012B	PB	11	9-11	B_9-12	16/12/2014	dec/16	OK	ENERGIE OOST			
6017	PB	5	4-5	A_veenlaag	19/05/2016	dec/16	OK	ENERGIE OOST	68361	223440	
6018	PB	5	4-5	A_veenlaag	19/05/2016	dec/16	OK	ENERGIE OOST	68430	223461	
6019	PB	5	4-5	A_veenlaag	19/05/2016	dec/16	OK	ENERGIE OOST	68478	223443	
6020	PB	5	4-5	A_veenlaag	19/04/2016	dec/16	OK	ENERGIE OOST	68203	223372	open 18/03/29
6022	PB	5	4-5	A_veenlaag	19/04/2016	dec/16	OK	ENERGIE OOST	68293	223376	
6031	PB	12	11-12	B_9-12	10/05/2016	dec/16	OK	ENERGIE OOST	68271	223438	
6032	PB	12	11-12	B_9-12	10/05/2016	dec/16	OK	ENERGIE OOST	68324	223433	
6034	PB	12	11-12	B_9-12	12/05/2016	dec/16	OK	ENERGIE OOST	68476	223441	
6035	PB	20	18-20	D_18-20	mei/16	aug/16	OK	ENERGIE OOST	68452	223424	
3003A	PB	6	2-6	A_veenlaag	2010	mei/15	OK	ENERGIE WEST			?
3003B	PB	10	9-10	B_9-12	2010	mei/15	OK	ENERGIE WEST			?
3003C	PB	15	14-15	C_13-15	2010	mei/15	OK	ENERGIE WEST			?
3003D	PB	20	19-20	D_18-20	2010	mei/15	OK	ENERGIE WEST			?
4001A	PB	10	9-11	B_9-12	2012	dec/16	WEG	ENERGIE WEST			180329 - weg/beschadigd door ophoging
4001A1	PB	4	3-4	A_veenlaag	2015	dec/16	WEG	ENERGIE WEST			180329 - weg/beschadigd door ophoging
4001B	PB	15	13-15	C_13-15	2012	dec/16	OK	ENERGIE WEST			180329 - 12 m diep
4001C	PB	20	18-20	D_18-20	2012	mei/15	OK	ENERGIE WEST			?
7005	PB	5	3-5	A_veenlaag	28/11/2016	dec/16	OK	ENERGIE WEST			
7008	PB	6	4-6	A_veenlaag	24/11/2016	dec/16	OK	NOORD	68218	223636	
7010	PB	12	10-12	B_9-12	24/11/2016	dec/16	OK	NOORD	68162	223640	
3005A	PB	6	2-6	A_veenlaag	2010	jan/10	WEG	OVENSITE			
3005C	PB	15	14-15	C_13-15	2010	dec/16	OK	OVENSITE			180329 - 16,1 m diep
5004A	PB	3	1-3	A_veenlaag	30/03/2015	mei/15	OK	OVENSITE			?
5004B	PB	11	9-11	B_9-12	18/12/2014	mei/15	OK	OVENSITE	68249	223587	?
5005A	PB	4	3-4	A_veenlaag	30/03/2015	dec/16	OK	OVENSITE	68455	223598	
5005B	PB	11	9-11	B_9-12	13/03/2015	dec/16	OK	OVENSITE	68456	223598	
5007B	PB	11	9-11	B_9-12	17/12/2014	aug/16	WEG	OVENSITE			18/03/29 - niet gevonden
5008B	PB	11	9-11	B_9-12	17/12/2014	mei/15	OK	OVENSITE	68293	223608	
6003	PB	4	-	A_veenlaag	18/04/2016	aug/16	OK	OVENSITE	68224	223605	
6004	PB	4	-	A_veenlaag	18/04/2016	aug/16	OK	OVENSITE	68294	223607	
6005	PB	4	-	A_veenlaag	18/04/2016	aug/16	OK	OVENSITE	68373	223617	180329 - 3 m diep
6023	PB	12	11-12	B_9-12	12/05/2016	dec/16	OK	OVENSITE	68209	223571	
6024	PB	12	11-12	B_9-12	12/05/2016	dec/16	OK	OVENSITE	68312	223572	
7007	PB	6	4-6	A_veenlaag	24/11/2016	dec/16	OK	OVENSITE	68189	223604	
3004A	PB	6	2-6	A_veenlaag	2010	aug/16	OK	STOCK			?
3004B	PB	10	9-10	B_9-12	2010	mei/15	OK	STOCK			?
3004C	PB	15	14-15	C_13-15	2010	mei/15	OK	STOCK			?
3004D	PB	20	19-20	D_18-20	2010	mei/15	OK	STOCK			?
5009A	PB	4	3-4	A_veenlaag	30/03/2015	mei/15	?	STOCK			180329 - niet gezocht
5009B	PB	11	9-11	B_9-12	13/03/2015	mei/15	?	STOCK			180329 - niet gezocht
6001	PB	4	3-4	A_veenlaag	10/05/2016	aug/16	OK	STOCK	68044	223519	180329 - niet gezocht
7011	PB	12	10-12	B_9-12	24/11/2016	dec/16	OK	STOCK	68166	223583	
4002A	PB	10	9-11	B_9-12	2012	mei/15	OK	STORT			?
4002A1	PB	4	3-4	A_veenlaag	2015	mei/15	OK	STORT			?
4002B	PB	15	13-15	C_13-15	2012	mei/15	OK	STORT			?
4002C	PB	20	18-20	D_18-20	2012	mei/15	OK	STORT			?
5010A	PB	4	3-4	A_veenlaag	30/03/2015	mei/15	OK	STORT			?
5010B	PB	11	9-11	B_9-12	13/03/2015	mei/15	?	STORT			180329 - niet gezocht
7006	PB	5	3-5	A_veenlaag	1/12/2016	dec/16	OK	STORT			
901		2,82	1-3			mei/15	OK	STRAAT	68494	223651	
902		3,18	1-3			mei/15	WEG	STRAAT			
903		7,28	6-7			mei/15	WEG	STRAAT			
904		3,03	1-3			mei/15	WEG	STRAAT			
905		3,04	1-3			mei/15	OK	STRAAT	68416	223641	
906		4,5				mei/15	OK	STRAAT	68391	223638	
907		7,24	6-7			mei/15	OK	STRAAT	68391	223638	
910		3,14	1-3			mei/15	OK	STRAAT	68314	223626	
911		7,48	6-7			mei/15	OK	STRAAT	68314	223626	
912		3,04	1-3			mei/15	OK	STRAAT	68289	223625	
913		3,04	1-3			mei/15	OK	STRAAT	68265	223621	
914		8,73	7-8			mei/15	OK	STRAAT	68265	223621	
4000A	PB	10	9-11	B_9-12	2012	dec/16	?	VAKKEN CD			180329 - 3 peilbuizen - niet bereikbaar door water
4000A1	PB	4	3-4	A_veenlaag	2015	dec/16	?	VAKKEN CD			180329 - 3 peilbuizen - niet bereikbaar door water
4000B	PB	15	13-15	C_13-15	2012	dec/16	?	VAKKEN CD			180329 - 3 peilbuizen - niet bereikbaar door water
4000C	PB	20	18-20	D_18-20	2012	dec/16	?	VAKKEN CD			180329 - 3 peilbuizen - niet bereikbaar door water
5001A	PB	4	3-4	A_veenlaag	30/03/2015	dec/16	?	VAKKEN CD			180329 - niet bereikbaar wegens water
5001B	PB	11	9-11	B_9-12	13/03/2015	dec/16	?	VAKKEN CD			180329 - niet bereikbaar wegens water
5001C	PB	15	13-15	C_13-15	13/03/2015	dec/16	OK	VAKKEN CD			180329 - 13,4 m diep
5002A	PB	4	3-4	A_veenlaag	30/03/2015	dec/16	OK	VAKKEN CD	68398	223478	180329 - 5,5 m diep (top peilbuis)
5002B	PB	11	9-11	B_9-12	13/03/2015	dec/16	OK	VAKKEN CD	68398	223478	180329 - 12 m diep
5002C	PB	15	13-15	C_13-15	13/03/2015	dec/16	OK	VAKKEN CD			180329 - beschadigd
5002D	PB	20	18-20	D_18-20	13/03/2015	dec/16	OK	VAKKEN CD	68397	223479	

Peilbuis naam	Type	Diepte	filter	Niveau	Datum geplaatst	Laatste bemonstering	Toestand (WEG/?/OK)	ZONE	Lambert X	Lambert Y	Opmerking
5003A	PB	3	1-3	A_veenlaag	30/03/2015	dec/16	OK	VAKKEN CD	68324	223473	
5003B	PB	11	9-11	B_9-12	13/03/2015	dec/16	OK	VAKKEN CD	68324	223474	Puur product
5003C	PB	15	13-15	C_13-15	13/03/2015	dec/16	OK	VAKKEN CD	68325	223474	
6009	PB	5	4-5	A_veenlaag	10/05/2016	dec/16	OK	VAKKEN CD	68340	223522	
6011	PB	5	4-5	A_veenlaag	12/05/2016	dec/16	OK	VAKKEN CD	68392	223508	
6012	PB	5	4-5	A_veenlaag	12/05/2016	dec/16	OK	VAKKEN CD	68424	223536	
6014	PB	5	4-5	A_veenlaag	10/05/2016	dec/16	OK	VAKKEN CD	68212	223446	
6015	PB	5	4-5	A_veenlaag	10/05/2016	dec/16	OK	VAKKEN CD	68252	223450	
6016	PB	5	4-5	A_veenlaag	10/05/2016	dec/16	OK	VAKKEN CD	68295	223454	
6027	PB	12	11-12	B_9-12	10/05/2016	dec/16	OK	VAKKEN CD	68310	223530	
6028	PB	12	11-12	B_9-12	19/05/2016	dec/16	OK	VAKKEN CD	68360	223527	
6029	B	12	-	B_9-12	18/04/2016	dec/16	OK	VAKKEN CD	68423	223537	180329 - open
6030	PB	12	11-12	B_9-12	12/05/2016	dec/16	OK	VAKKEN CD	68233	223459	
6033	B	12	-	B_9-12	18/04/2016	dec/16	OK	VAKKEN CD	68360	223478	
6013	PB	4,5	3,5-4,5	A_veenlaag	12/05/2016	dec/16	OK	WERFKETEN	68496	223521	
324P1	PB	4,23		A_veenlaag		mei/15	?	WEST			Perceel 324 P
324P2	PB	7,29	6-7	A_veenlaag		mei/15	?	WEST			Perceel 324 P
324P3	PB	7,98	7-8	A_veenlaag		mei/15	?	WEST			Perceel 324 P
813	PB	3,64		A_veenlaag		mei/15	OK	WEST			Perceel 322-2B
814	PB	4,05		A_veenlaag		mei/15	OK	WEST			Perceel 322-2B
815	PB	4,13		A_veenlaag		mei/15	OK	WEST			Perceel 322-2B
816	PB	7,7	7-8	A_veenlaag		mei/15	?	WEST			Perceel 322-2B
PB2XL1						aug/16	?	WEST			
PB2XL2						aug/16	?	WEST			
6021	PB	5	4-5	A_veenlaag	10/05/2016	dec/16	OK	ZUID	68258	223358	
7001	B	6	-	A_veenlaag	28/11/2016	dec/16	OK	ZUID			
7002	PB	5	-	A_veenlaag	28/11/2016	dec/16	OK	ZUID			
7003	PB	5	-	A_veenlaag	28/11/2016	dec/16	OK	ZUID			
7004	PB	5	3-5	A_veenlaag	1/12/2016	dec/16	OK	ZUID			
7009	PB	11	9-11	B_9-12	1/12/2016	dec/16	OK	ZUID			
7012	PB	15	13-15	C_13-15	18/11/2016	dec/16	OK	ZUID			
7013	PB	15	13-15	C_13-15	18/11/2016	dec/16	OK	ZUID			
6002	PB	5	4-5	A_veenlaag	10/05/2016	aug/16	OK	ZV_oud	68107	223514	
6006	PB	5	4-5	A_veenlaag	10/05/2016	dec/16	OK	ZV_oud	68207	223520	
6007	PB	5	4-5	A_veenlaag	10/05/2016	dec/16	OK	ZV_oud	68242	223534	
6008	PB	5	4-5	A_veenlaag	10/05/2016	dec/16	OK	ZV_oud	68281	223530	
6010	PB	5	4-5	A_veenlaag	10/05/2016	dec/16	OK	ZV_oud	68384	223549	
6025	PB	12	11-12	B_9-12	10/05/2016	dec/16	OK	ZV_oud	68201	223516	
6026	PB	12	11-12	B_9-12	10/05/2016	dec/16	OK	ZV_oud	68248	223524	
3005B	PB	10	9-10	B_9-12	2010	jan/10	WEG		68342	223585	
3005D	PB	20	19-20	D_18-20	2010	jan/10	WEG				
3006A	PB	6	2-6	A_veenlaag	2010	jan/10	WEG				
3006B	PB	10	9-10	B_9-12	2010	jan/10	WEG				
3006C	PB	15	14-15	C_13-15	2010	jan/10	WEG				
3006D	PB	20	19-20	D_18-20	2010	jan/10	WEG				
3009A	PB	3,5	0,5-3,5	A_veenlaag	2010	jan/10	WEG				
3009B	PB	6	2-6	A_veenlaag	2010	jan/10	WEG				
3010A	PB	3,5	0,5-3,5	A_veenlaag	2010	jan/10	WEG				
3010B	PB	6	2-6	A_veenlaag	2010	jan/10	WEG				

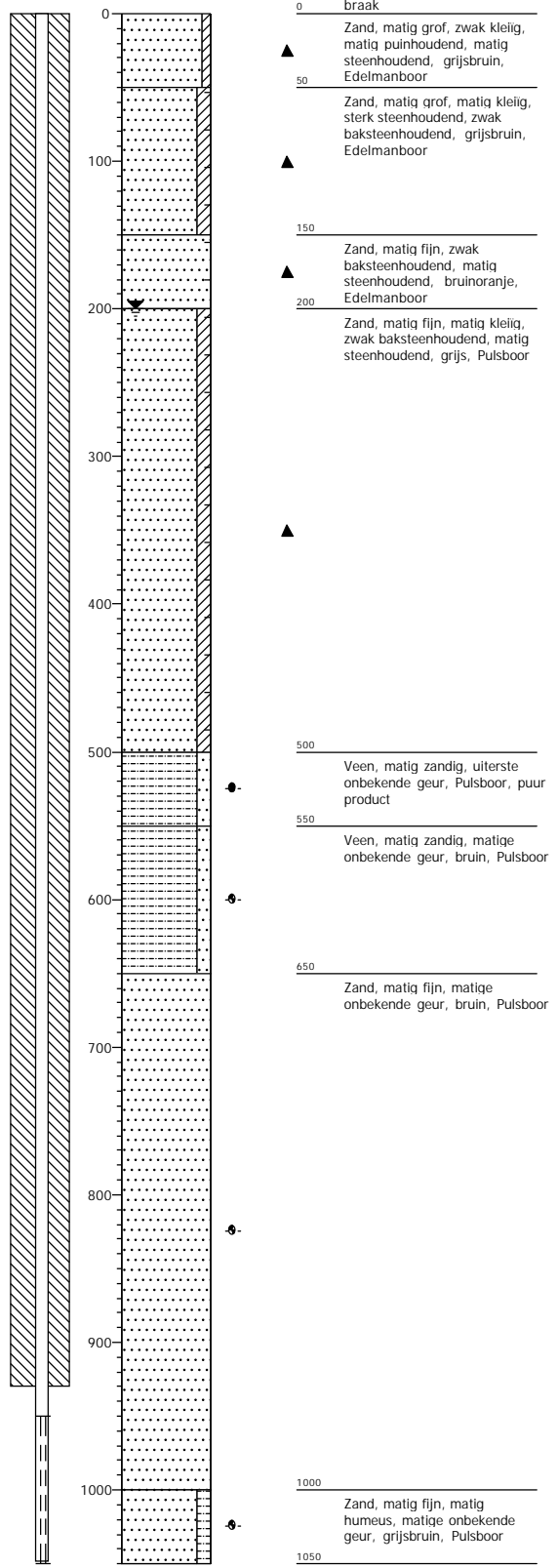
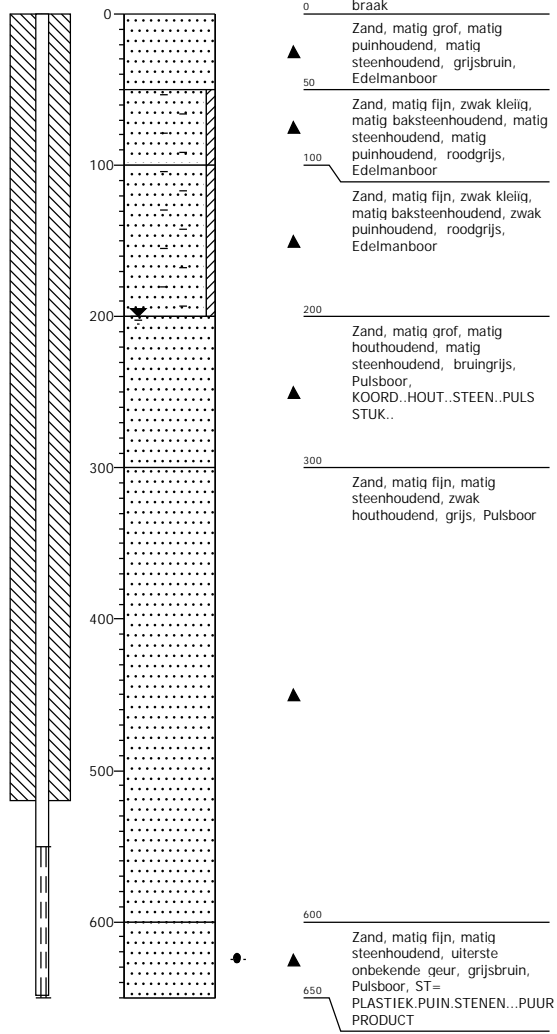
Boring: PB7401
 Datum plaatsing: 27-8-2019

Boring: PB7301
 Datum plaatsing: 28-8-2019



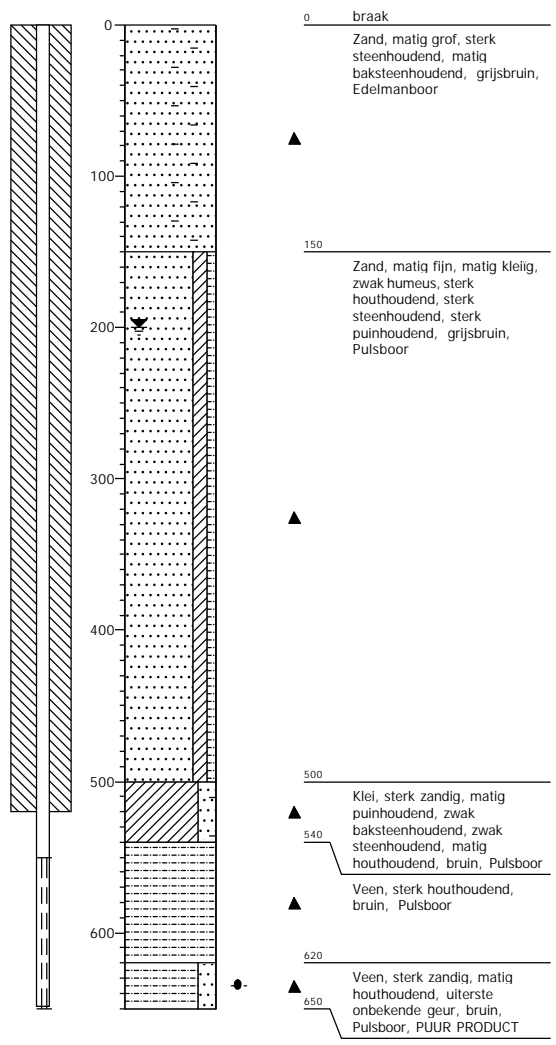
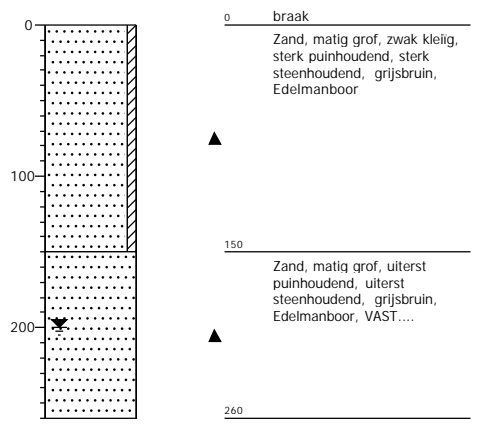
Boring: PB7303
Datum plaatsing: 28-8-2019

Boring: PB7402
Datum plaatsing: 29-8-2019



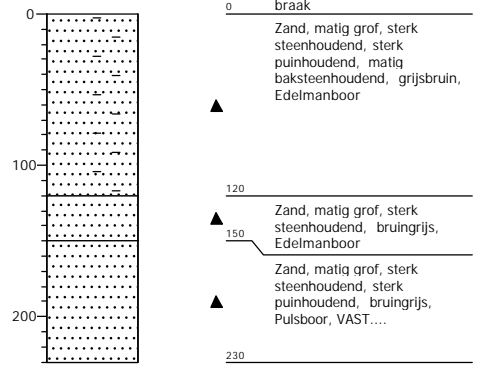
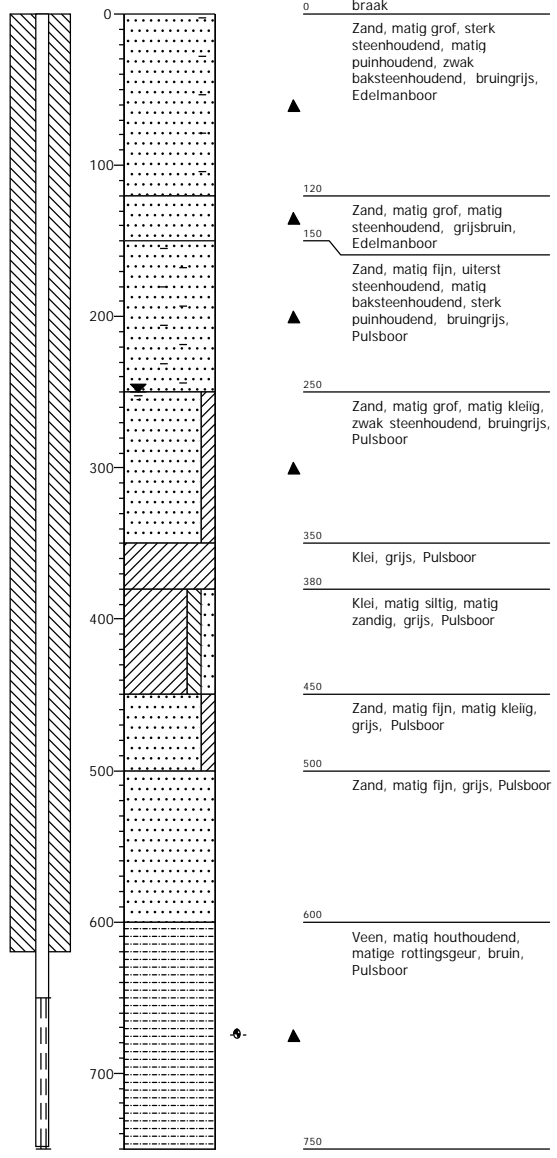
Boring: B7304
 Datum plaatsing: 30-8-2019

Boring: PB7302
 Datum plaatsing: 30-8-2019



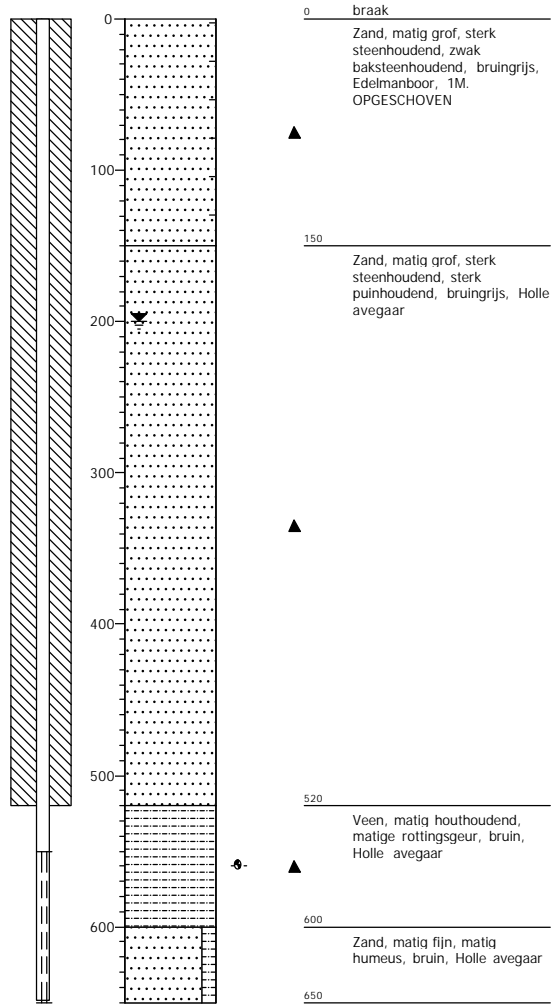
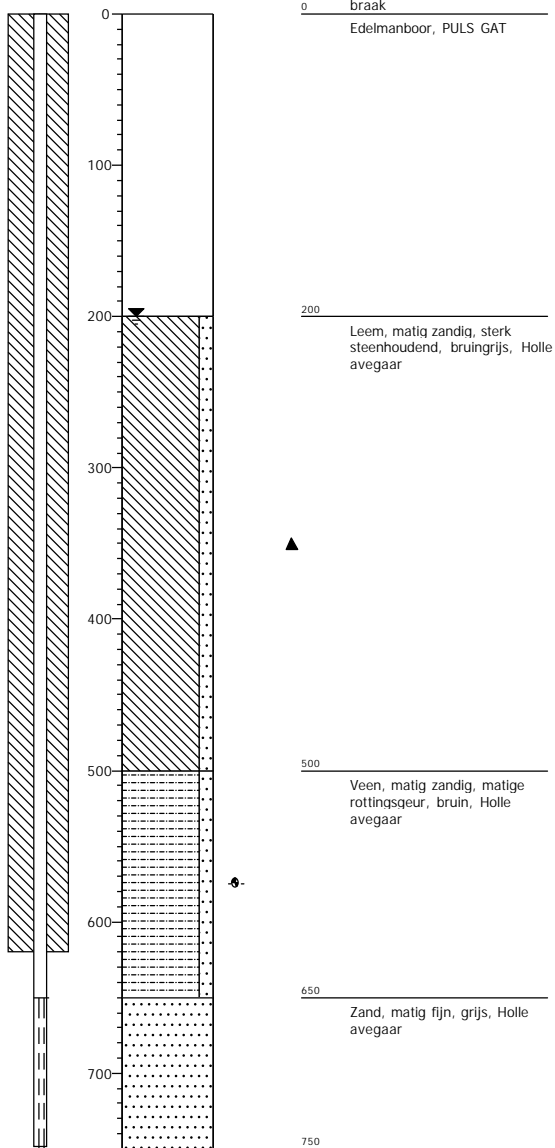
Boring: PB7206
 Datum plaatsing: 2-9-2019

Boring: B7207
 Datum plaatsing: 2-9-2019



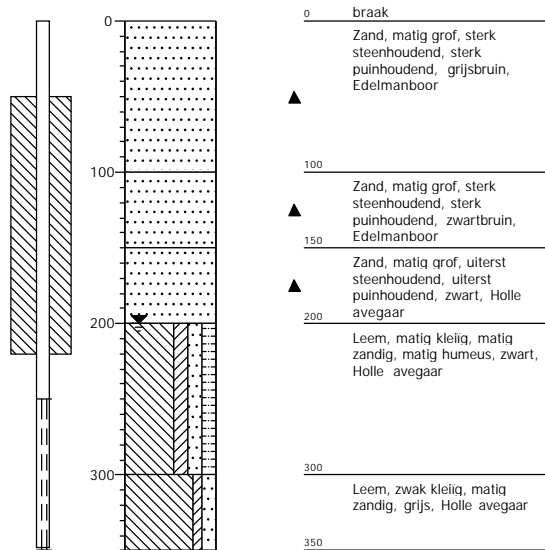
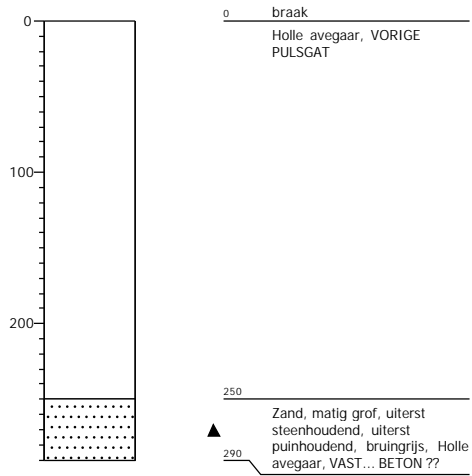
Boring: PB7207A
 Datum plaatsing: 4-9-2019

Boring: PB7304A
 Datum plaatsing: 4-9-2019



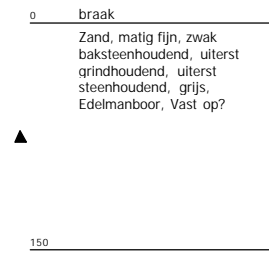
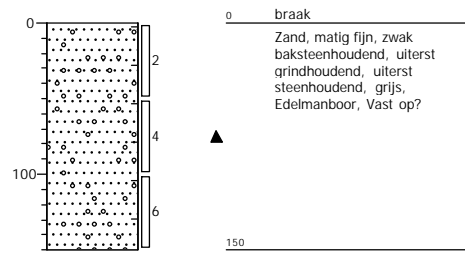
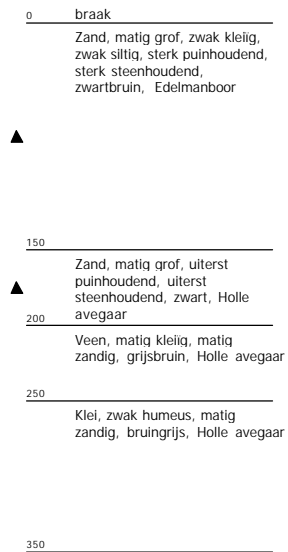
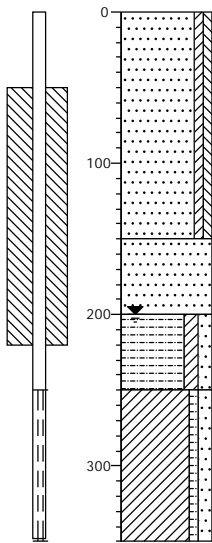
Boring: B7304B
 Datum plaatsing: 4-9-2019

Boring: PB7607
 Datum plaatsing: 9-9-2019



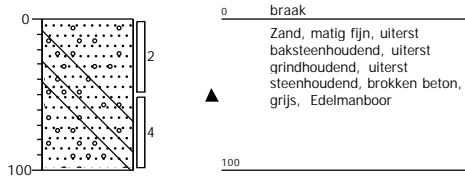
Boring: PB7606
 Datum plaatsing: 9-9-2019

Boring: B7601A
 Datum plaatsing: 12-8-2019



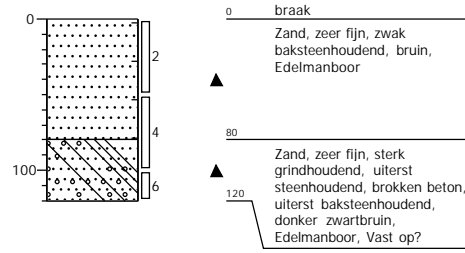
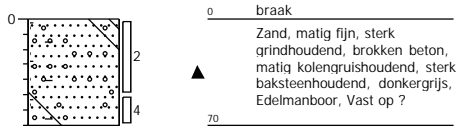
Boring: B7601B
Datum plaatsing: 12-8-2019

Boring: B7602A
Datum plaatsing: 12-8-2019

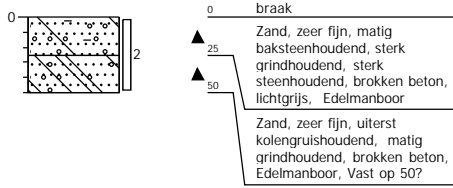


Boring: B7602B
 Datum plaatsing: 12-8-2019

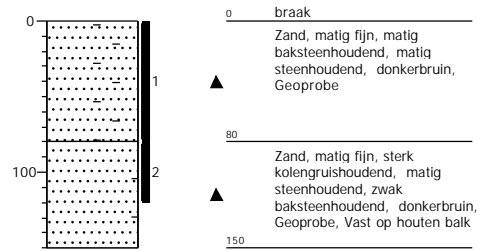
Boring: B7603A
 Datum plaatsing: 12-8-2019



Boring: B7604A
 Datum plaatsing: 12-8-2019

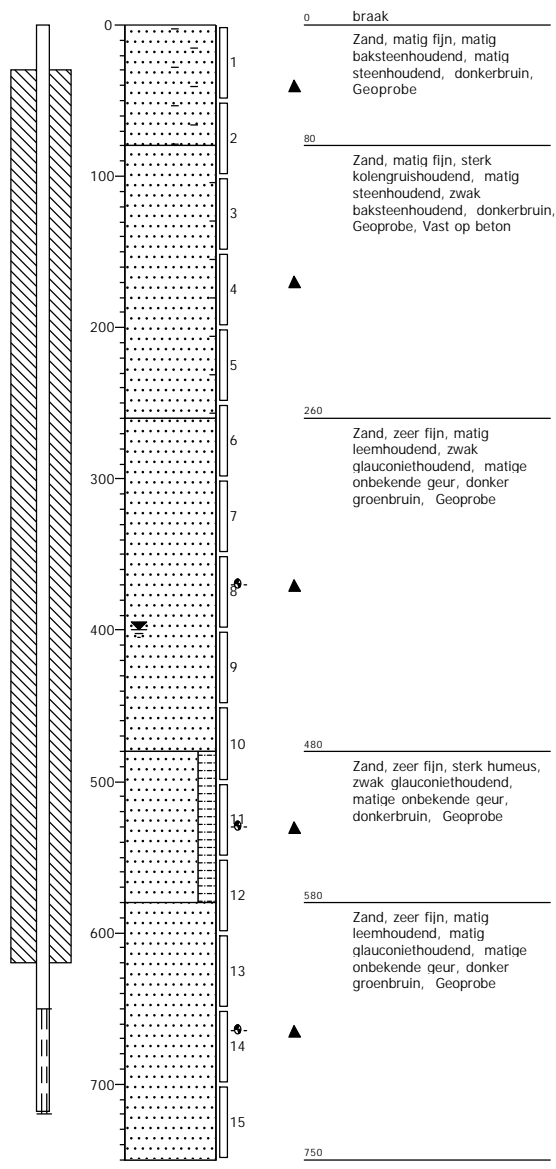
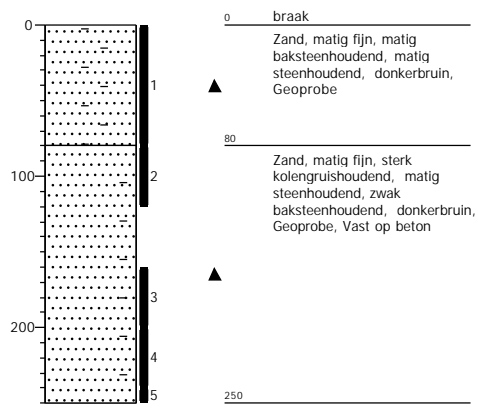


Boring: B7502A
 Datum plaatsing: 19-8-2019



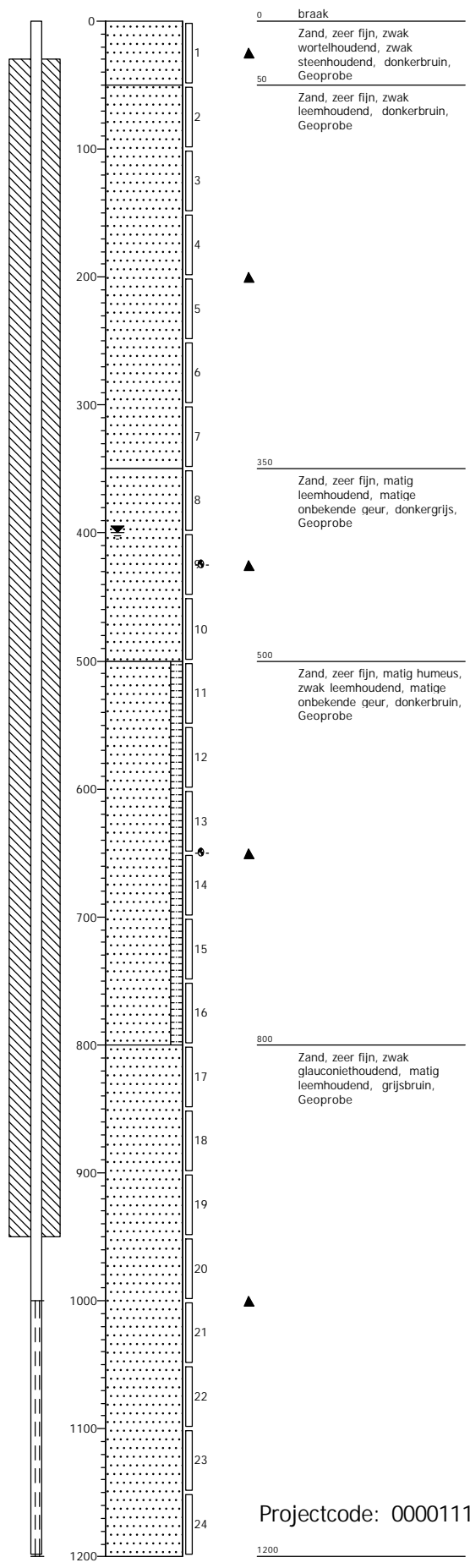
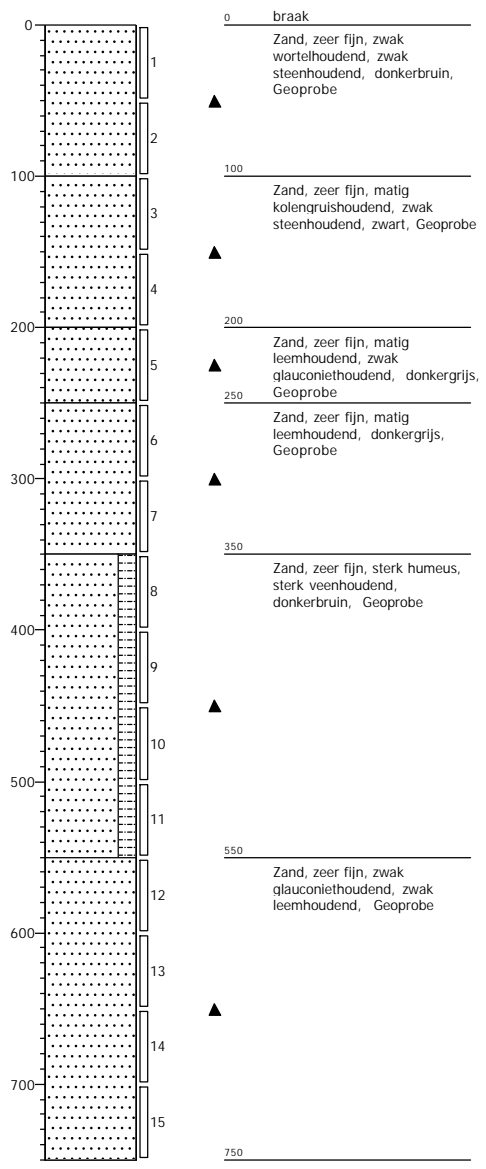
Boring: B7502B
 Datum plaatsing: 19-8-2019

Boring: PB7502
 Datum plaatsing: 19-8-2019



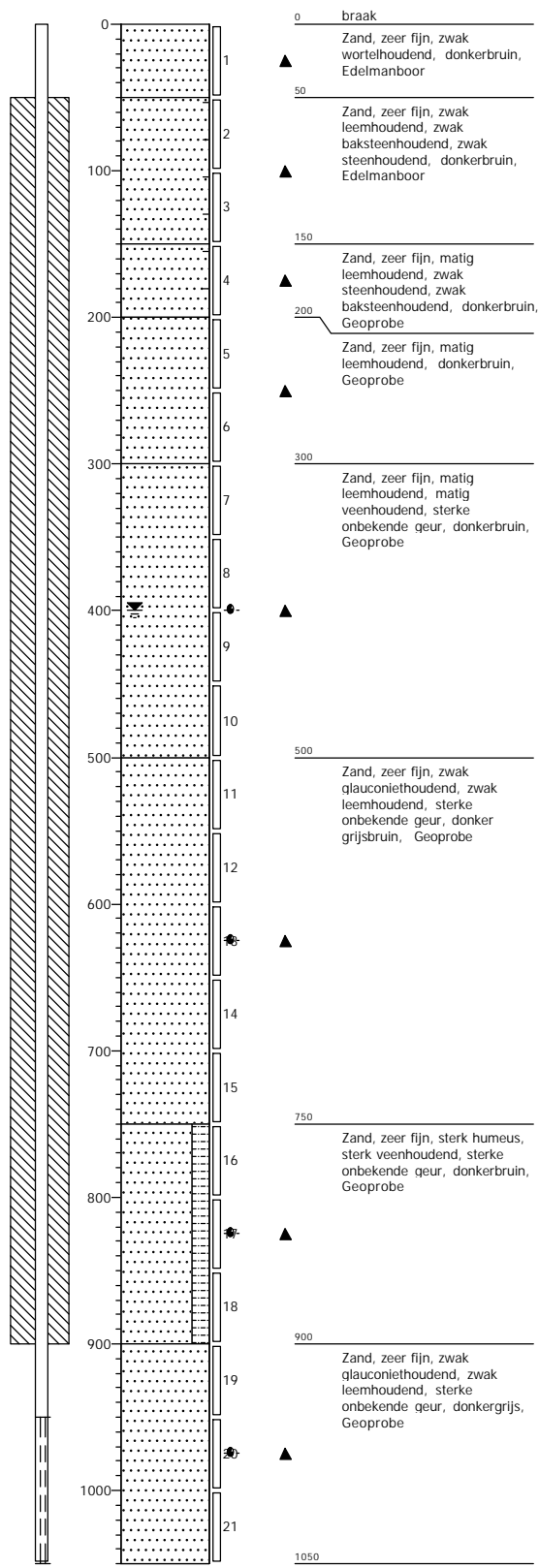
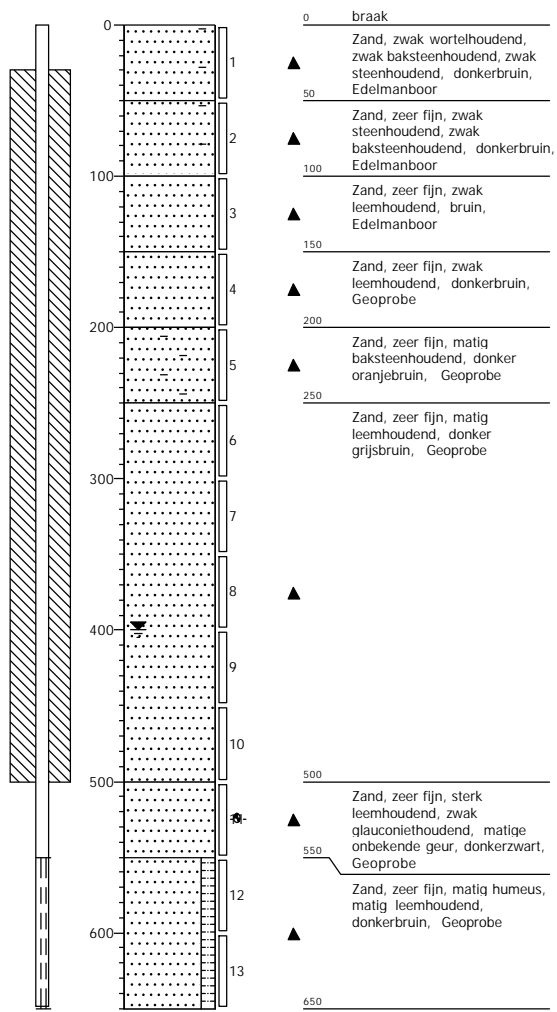
Boring: B7505
 Datum plaatsing: 19-8-2019

Boring: PB7511
 Datum plaatsing: 19-8-2019

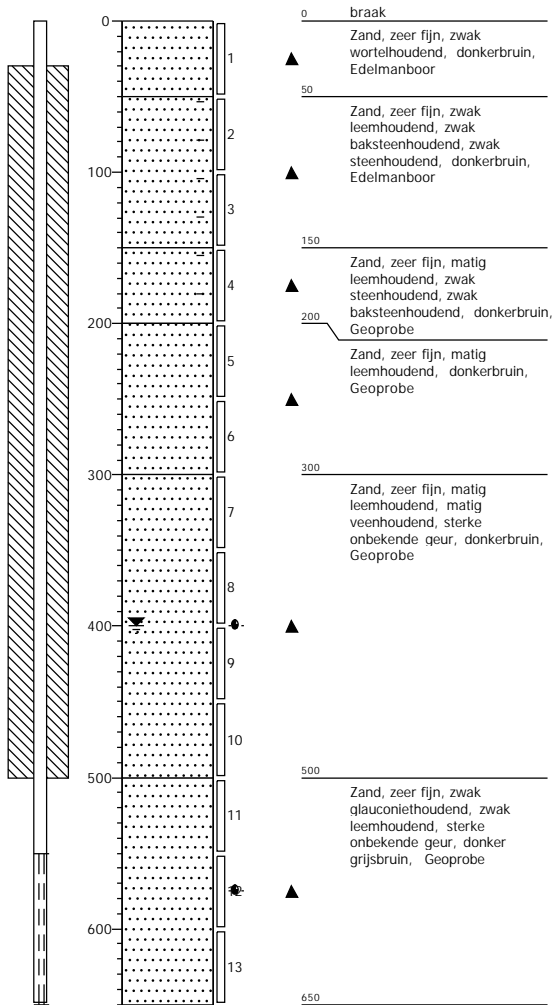


Boring: PB7510
 Datum plaatsing: 20-8-2019

Boring: PB7504
 Datum plaatsing: 20-8-2019



Boring: PB7503
 Datum plaatsing: 20-8-2019



cis 1,2-Dichlooretheen	µg/L	<10	<0,10	<0,10	0,36	<10	<100	<0,10	<0,10
trans 1,2-Dichlooretheen	µg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
1,2-Dichloorethenen (som)	µg/L	<10	<0,20	<0,20	0,36	<10	<100	<0,20	<0,20
CKW (som)	µg/L	<11	<1,1	<1,1	<1,1	<11	<100	<1,1	<1,1
Vinylchloride	µg/L	<10	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<100	<0,10	<0,10
Minerale olie									
Minerale olie (C10-C12)	µg/L	550	840	38	36	3500	13000	500	<25
Minerale olie (C12-C20)	µg/L	410	310	51	62	1200	4900	160	<25
Minerale olie (C20-C30)	µg/L	<25	27	<25	<25	<25	110	<25	<25
Minerale olie (C30-C40)	µg/L	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Minerale olie (C10-C40)	µg/L	1000	1300	120	110	4800	18000	710	<100
Chromatogram		Zie bijl.	Zie bijl.	Zie bijl.	Zie bijl.	Zie bijl.	Zie bijl.	Zie bijl.	
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAK									
Naftaleen	µg/L	0,23	0,19	22	<0,10	>190		100	0,42
Acenaftyleen	µg/L	0,48	1,4	<0,050	<0,050	5,6		0,14	0,12
Acenafteen	µg/L	6,6	17	3	<0,010	22		1,1	3,7
Fluoreen	µg/L	0,19	5	2,3	<0,010	7,7		0,28	0,18
Fenanthreen	µg/L	0,1	0,46	1,1	<0,010	3,6		0,28	0,014
Anthraceen	µg/L	0,069	0,83	0,23	<0,010	0,66		<0,10	0,037
Fluorantheen	µg/L	0,51	2,2	0,28	<0,010	2,7		<0,10	0,1
Pyreen	µg/L	0,3	1,3	0,13	<0,010	0,45		<0,10	0,056
Benzo(a)anthraceen	µg/L	0,079	0,6	0,025	<0,010	0,36		<0,10	<0,010
Chryseen	µg/L	0,051	0,55	<0,010	<0,010	0,4		<0,10	<0,010
Benzo(b)fluorantheen	µg/L	0,071	0,4	<0,010	<0,010	0,24		<0,10	<0,010
Benzo(k)fluorantheen	µg/L	0,034	0,2	<0,010	<0,010	0,11		<0,10	<0,010
Benzo(a)pyreen	µg/L	0,071	0,45	<0,010	<0,010	0,32		<0,10	<0,010
Dibenzo(a,h)anthraceen	µg/L	0,014	0,071	<0,010	<0,010	0,038		<0,10	<0,010
Benzo(ghi)peryleen	µg/L	0,051	0,26	<0,010	<0,010	0,22		<0,10	<0,010
Indeno(123-cd)pyreen	µg/L	0,056	0,28	<0,010	<0,010	0,16		<0,10	<0,010
PAK Totaal EPA (16)	µg/L	8,9	32	29	<0,29	>240		100	4,7
PAK Totaal VROM (10)	µg/L	1,3	6	24	<0,19	>200		100	0,57
Fysisch-chemische analyses									
Indamprest	% (m/v)	0,35	0,46	2,68	0,67	1,84		0,75	0,4
Indamprest	mg/L	3500	4600	27000	6700	18000		7500	4000
Gloeirest	%	82	95	24	92	25		45	85
EC-temp. corr. factor (mathematisch)		1,116	1,101	1,113	1,108	1,111		1,113	1,103
Geleidingsvermogen 25°C	µS/cm	4400	5600	33000	11000	30000		15000	5200
Geleidingsvermogen 25°C	mS/m	440	560	3300	1100	3000		1500	520
Geleidingsvermogen 20°C	mS/m	390	510	2900	1000	2700		1400	460
EC (Meettemperatuur)	°C	20	20,6	20,1	20,3	20,2		20,1	20,5
pH (Meettemperatuur)	°C	21,1	21,4	21,2	21,2	21,3		21,2	21,4
pH		7,5	7,7	7,5	7,6	7,2		7,2	7,1
Anorganische verbindingen & natte chemie									
Carbonaat	mg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0		<1,0	<1,0
Bicarbonaat (HCO3)	mg/L	1200	860	3000	1600	2100		4200	1600
Stikstof volgens Kjeldahl (N)	mg/L	24	140	3600	21	6000		1600	99
Hardheid (totaal)	mMol/L	15	17	19	13	21		18	30
Hardheid (totaal)	°D	81	93	100	72	120		100	170
Hardheid (totaal) CaCO3	mg/L	1500	1700	1900	1300	2100		1800	3000

Anorganische verbindingen

Ammonium (NH4-N)	mg N/L	21	110	26	19	26	20	1900	89
Ammonium (NH4)	mg/L	27	140	34	25	34	26	2400	110
Chloride	mg/L	470	460	1590	2900	950		570	230
Nitraat (NO3-N)	mg N/L	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20		<0,20	0,38
Nitraat (NO3)	mg/L	<0,90	<0,90	<0,90	<0,90	<0,90		<0,90	1,7

Cyanide

Thiocyanaat (mathematisch)	µg/L	530	1200	1100	8,2	8800	660	1500	42
Cyanide-totaal	µg/L	250	72	350	96	160	220	200	41
Cyanide Niet Chloor Afbreekbaar	µg/L	240	71	350	95	150	220	200	41
Cyanide-vrij	µg/L	10	1,2	1,8	1,1	2,2	<1,0	2,4	<1,0

Somparameter waterdampvluchtige fenolen

Fenolindex	µg/L	140	640	61	13	9500	260	620	2,5
------------	------	-----	-----	----	----	------	-----	-----	-----

Chloorfenolen

o-Chloorfenol	µg/L	<0,10	<0,10	0,32	<0,10	<0,10		0,45	<0,10
m-Chloorfenol	µg/L	<0,02	<0,02	0,06	<0,02	<0,02		0,11	<0,02
p-Chloorfenol	µg/L	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	0,1		0,18	<0,02
Monochloorfenolen (som)	µg/L	<0,14	<0,14	0,42	<0,14	<0,14		0,74	<0,14
2,3-Dichloorfenol	µg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02
2,4/2,5-Dichloorfenol	µg/L	0,09	0,08	0,27	0,06	0,11		0,08	0,05
2,6-Dichloorfenol	µg/L	0,06	0,07	0,46	<0,03	1		0,97	<0,03
3,4-Dichloorfenol	µg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02
3,5-Dichloorfenol	µg/L	<0,03	0,04	0,07	<0,03	0,05		0,03	<0,03
Dichloorfenolen (som)	µg/L	0,15	0,18	0,8	<0,10	1,2		1,1	<0,10
2,3,4-Trichloorfenol	µg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02
2,3,5+2,4,5-Trichloorfenol	µg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02
2,3,6-Trichloorfenol	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01
2,4,6-Trichloorfenol	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
3,4,5-Trichloorfenol	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01
Trichloorfenolen (som)	µg/L	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11		<0,11	<0,11
2,3,4,5-Tetrachloorfenol	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01
2,3,4,6 + 2,3,5,6-Tetrachloorfenol	µg/L	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,037		<0,020	<0,020
Tetrachloorfenolen (som)	µg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,04		<0,03	<0,03
Pentachloorfenol	µg/L	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,024		<0,010	<0,010
4-Chloor-3-methylfenol	µg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02

Legenda

1	PB7301	10982360
2	PB7303	10982361
3	PB7304A	10982362
4	PB7401	10982363
5	PB7402	10982364
6	PB7503	10982365
7	PB7510	10982366
8	PB7511	10982367

Report

Feasibility study for RESANAT (BN190801)

Contact: Sofie Thijs **Phone:** +32 11 26 82 25
Address: Centre for Environmental Sciences **Email:** sofie.thijs@uhasselt.be
Agoralaan building D
3590 Diepenbeek, Belgium

Report ID	RESANAT BN190801
-----------	--------------------

Report **Report Date:** 09/09/2021
comments: Progress report for Interreg

Addressee:
OVAM
Stationsstraat 10
2800 Mechelen
Belgium
Att.: Hans Vincent

1 Research questions and overview of the tasks

The following research questions were formulated in the research proposal:

- 1) Is there natural phytoremediation potential present in the Reference zone 1, zone 2 and zone 3 (phytopile): a multi-line-of evidence approach using qPCR, NGS-seq, and metabolite analyses.
- 2) Which poplar cultivars are most suitable to survive, tolerate and phytoremediate the high oil concentrations?
- 3) Which grass species shows the most extensive root development in the oil polluted sediment from the phytopile. Is a toplayer of potting soil advantageous?
- 4) Can reed (*Phragmites australis*) stimulate oil degradation?

Status	Nr	Tasks	Delivery term
✓	1	Terrain visit in function of phytoremediation, literature study, plant choice, suggestion physicochemical analysis	23/01/2020
✓	2	Literature study	22/07/2020
✓	3	Analyses of physicochemical data WitteVeen bos reference zone 1, isolation of oil degrading bacteria + qPCR for degradation gene, and interpretation initial pollution status phytopile	29/05/2020
✓	4a	Basic pot experiment: reference zone 1 (test with 4 different poplar cultivars in polluted soil)	20/06/2020
✓	4b	Basic pot experiment: phytopile (test with 8+ different grass varieties and potting layer topsoil or not).	30/09/2020
✓	4c	Basic + extended pot experiment: River: test is set-up with reed, phragmites and electrodes to stimulate degradation.	April 2021
✓	5a	Extended pot experiment: reference zone 1 (test with the best poplar cultivars and inoculation with oil degrading bacterium)	30/11/2020
✓	5b	Extended pot experiment: phytopile, grasses are inoculated with bacteria, seeds are coated with bacteria, and MAXBAC fertiliser applied in the soil.	March 2021
✓	6	Groundwater analyses for degradation products and metabolites of oil and naphthalene degradation	January 2021
✓	7	Synthesis report delivery from all 3 zones	Sep 2021

2. Results

2.1 Naphthalene and oil degrading strains in the soil

Soil samples were collected at different depths by W&B in January 2020, and this was processed for DNA-extraction, followed by qPCR for the oil degrading gene alkane monooxygenase B (AlkB), and naphthalene dioxygenase (NAH). In addition, the total Eubacteria (EUB) level was determined (**Figure 1**). We can see that in every soil sample, hits with the NAH degradative gene were found (**Figure 1, in blue**), up till $7.96E+09$ copies/g soil. This is not common to have such high hits with the NAH-gene. The melting curves of the formed product were compared to the NAH product from known NAH-degraders (**Figure 2**), and the newly discovered sequences from Zeebruges mapped perfectly to known NAH-genes, from which we can conclude that a high number of NAH-degrading bacteria are present. Also, high numbers of Alkb hits were found, and as control all EUB were counted, showing in B8307 the highest activity, same for 8303, both are located in the adult poplar tree zone. Some DNA samples did not amplify (*e.g.* samples from zone 8309), this can be due to too high oil concentrations inhibiting the PCR reaction.

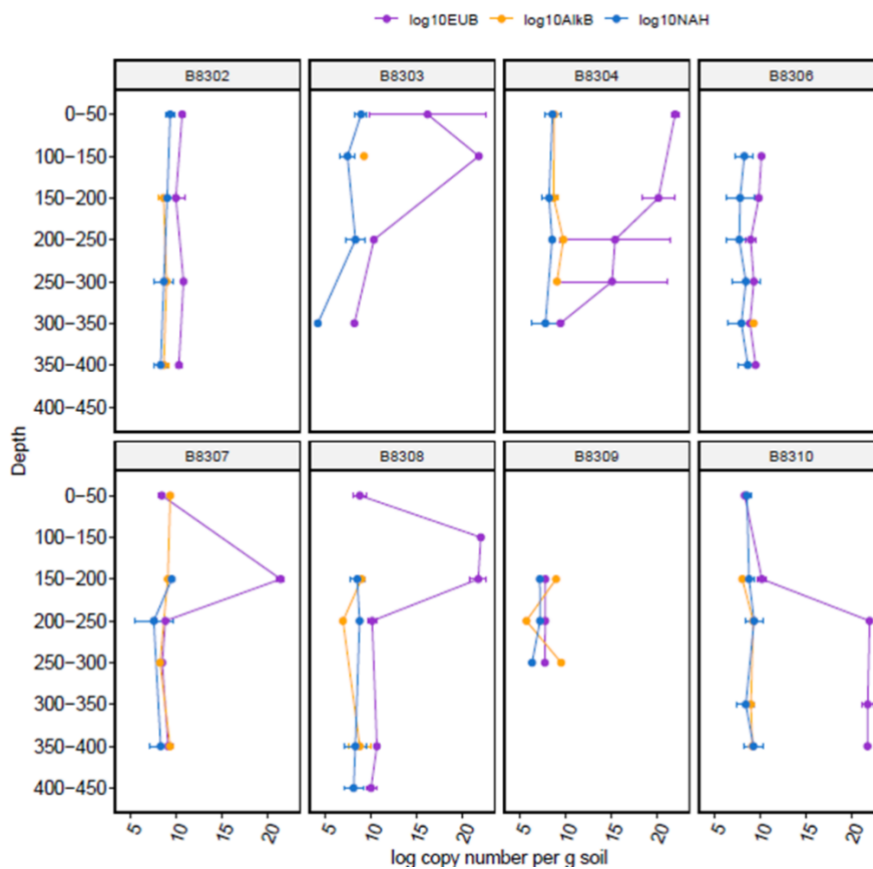


Figure 1: Oil and naphthalene degradative genes in soil of reference zone 1

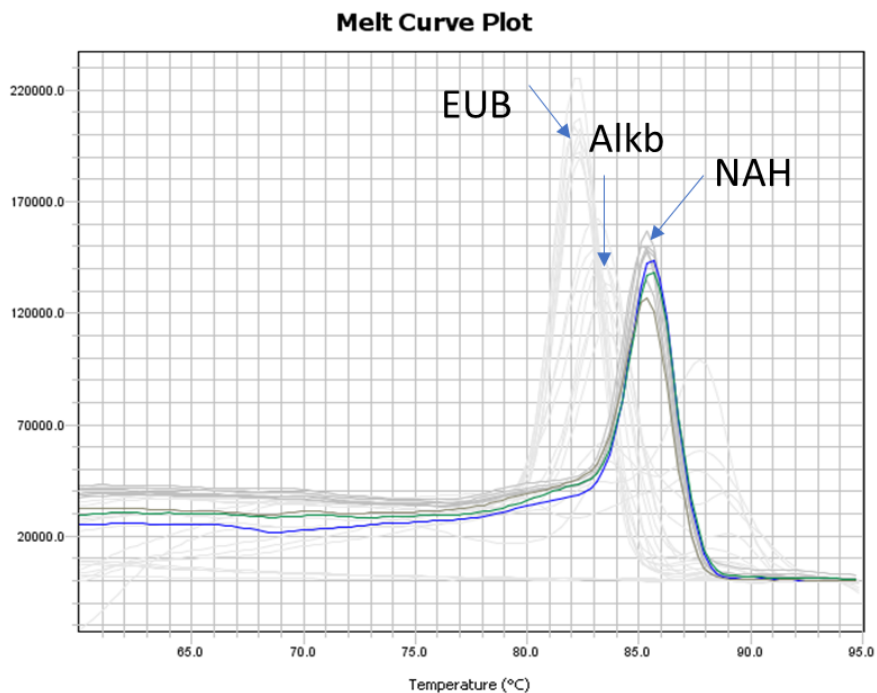


Figure 2: melting curve overlap between newly sequenced NAH-dioxygenases and standard. Overlapping peaks provide strong evidence for the presence of NAH-degraders.

In addition to the qPCR, a most probably number (MPN) assay was performed to count the cultivable oil degrading bacteria. For this a soil extract is made and 10-fold serially diluted from top to bottom in a 2-ml masterblock with bushnell-haas growth medium containing 1 % oil, and a blue redox indicator. When the blue color changes to white, then there are strains present respiring, in this case a proxy for oil respiration.

Soil sample Depth	MPN oil degraders	Soil sample Depth	MPN oil degraders
B8302 0-50	1	B8307 0-50	1
B8302 100-200	1000	B8307 100-200	100
B8302 250-350	10	B8307 250-350	1000
B8303 0-50	10	B8309 0-50	1
B8303 100-200	10	B8309 100-200	100
B8303 250-350	1	B8309 250-350	100
B8304 0-50	10	B8310 0-50	10
B8304 100-200	1000	B8310 100-200	10
B8304 250-350	1000	B8310 250-350	10
B8306 0-50	1	Non-polluted soil	0
B8306 100-200	1000	Non-polluted soil	0
B8306 250-350	1000	Phytopile	1



The masterblock wells changing color were detected for 8302, 8304, 8306, 8307, so these soil samples contain the highest number of oil degrading strains.

2.2 Oil concentrations in the soil

We can correlate the qPCR and MPN data with the soil and groundwater pollutant concentrations. Flux analyses showed that there are variable groundwater flow directions, under influence by the dock, but in average the pollutant migrates NW. 8109 is a source zone, and metabolite analyses also showed that 8101 is a source zone (new pollutant coming in). The most abundant PAKs is naphthalene, up to 2000 ppm in soil of 8306.



Figure 3: Groundwater mass fluxes of Mineral oil.

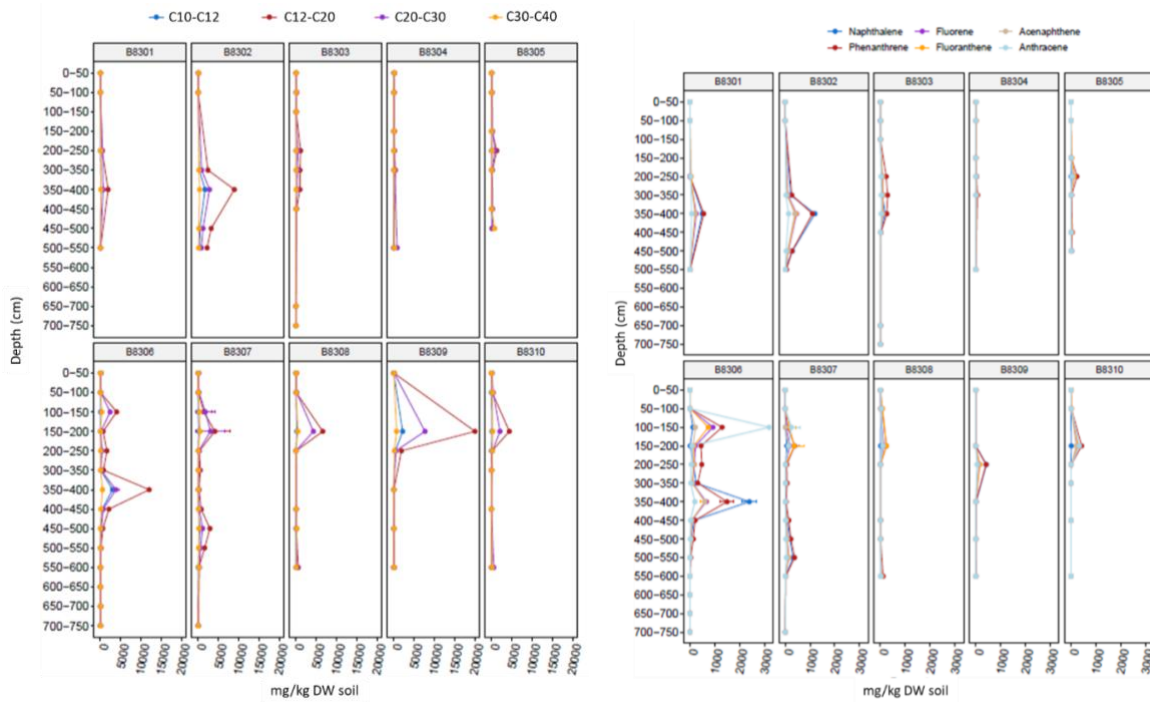


Figure 4: Mineral oil concentrations in soil (left), and top 6 PAK concentrations (right)

The C12-C20 is the most dominant oil fraction with highest concentrations (20,000 mg/kg) at 8309 (**Figure 4, left**). 8306 and 8302 have another oil peak around 3m50 depth, and 8307, 8308 have again shallower the highest oil concentrations. 8306 till 8310 are located in the adult poplar vegetated zone, while 8301-8305 are opposite of the road, in the new plantation. The highest PAK concentrations, naphthalene and anthracene are found at 8306 (**Figure 4, right**).

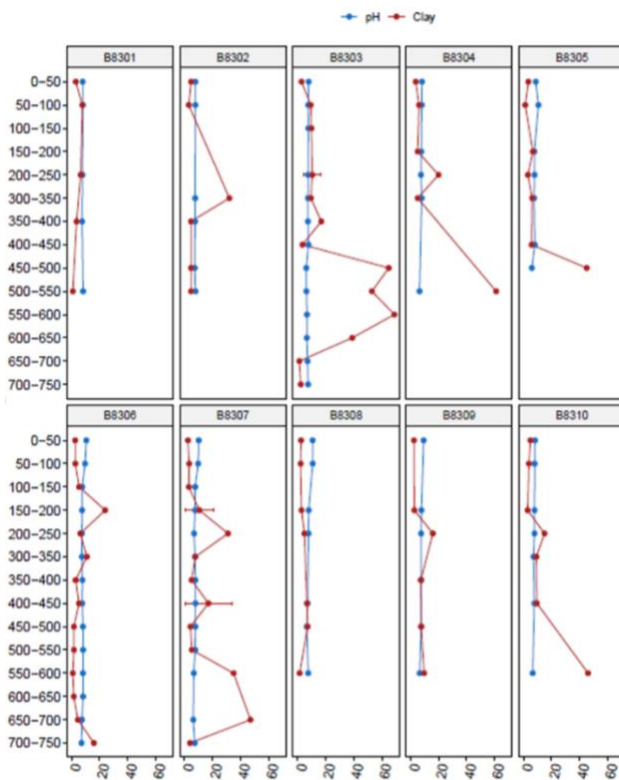


Figure 5: % Clay in the underground and pH

Clay strongly sorbs hydrophobic pollutants, and/or can create impermeable layers which make remediation much more difficult (**Figure 5**). For this site, oil and PAKs will accumulate in the soil layers with clay pans, such as the 1m50 at 8306 and 5m50-6m depth for 8307.

2.3 Metabolite analyses

In order to provide further conclusive evidence of oil and NAH degradation in the field, 'i.e. microbial activity', diagnostic GC-screening and metabolite analyses were performed on six selected wells (**Table 1 and Supplemental report**). The wells were chosen because they were in the adult tree zone (8106, 8107), young tree area (8101-3-4), source zone (8109), or inoculated (8106).

Table 1: Selected wells for metabolite analyses

Sample ID (Piezometer)	Matrix	Sampling date	Potential effects on pollutant biodegradation	Selected analysis		Sample ID (Isodetect)
				GC/MS-screening	Metabolite analysis	
8101	GW	25.09.2020	young trees	X	X	27-20-L-IF-01
8103	GW	25.09.2020	young trees	X		27-20-L-IF-02
8104	GW	25.09.2020	young trees	X		27-20-L-IF-03
8106	GW	25.09.2020	microbial inoculation, adult trees	X	X	27-20-L-IF-04
8107	GW	25.09.2020	adult trees	X		27-20-L-IF-05
8109	GW	25.09.2020	NAPL*, microbial inoculation, adult trees	X		27-20-L-IF-06

The metabolite analyses report (**attachment**) confirmed, based on the complexity of the GC-spectrum that 8109 is a source zone. Because of the high N-alkane peak also at 8101, though quite distant from 8109, it is speculated that this is a new pollutant source. The locations in between, showed a higher level of weathering, with the highest weathering in 8107, which overlaps with the high qPCR bacteria counts, and presence of adult trees. The diagnostic ratios of biodegradation are shown in **Table 2**. The n-alkanes are all lower in 8103, 4, 6, 7 compared to 8109, indicating degradation, though naphthalene (C₂, C₃), shows an opposite trend, maybe because they are stronger bound, longer retardation, and or new sources adding in more naphthalene.

Table 2: Diagnostic ratios of biodegradation.

Diagnostic ratio (DR)	8101	8103	8104	8106	8107	8109
<i>n</i> -C ₁₇ -alkane/pristane ↓	7.6	n.d.*	n.d.*	n.d.*	n.d.*	13.7
<i>n</i> -C ₁₈ -alkane/phytane ↓	3.8	n.d.*	n.d.*	n.d.*	n.d.*	13.0
acenaphthene/fluorene ↑	2.2	3.8	1.2	1.8	3.0	0.8
naphthalene/(C ₂ -naphthalenes+C ₃ -naphthalenes) ↓	29.1	4.7	15.0	11.6	261.1	5.0
dibenzofurane/fluorene ↑	0.8	1.3	0.5	1.0	1.2	0.8
phenanthrene/anthracene ↓	14.5	0.2	6.7	14.5	3.6	9.7

Well 8106 was also compared to 8101 (opposite of each other), because 8106 was inoculated and 8101 not. The metabolite analyses showed here a higher concentration of metabolites from the anaerobic naphthalene biodegradation (naphtoic-acid), and Naphtylmethylsuccinic acid, while catechol and benzoic acid were higher in 8109. This demonstrates that in both wells, there is

biodegradation (natural attenuation), both aerobic and anaerobic influenced by the steep gradients of oxic/anoxic layers (e.g. the clay layers).

2.4 NGS analyses

qPCR demonstrated the presence of naphthalene degradative genes, and metabolite analyses showed that the microbes were also active, so the next question was, which microbes are present in the soil/groundwater catalysing these conversions.

The whole genomic DNA was extracted from the soil and groundwater, fragmented and sequenced on the Illumina NovaSeq, to generate 100-150 million reads per sample. After QC and assembly of the reads in Metagenome atlas, the contigs were assembled into full bacterial genomes (MAGs), and annotated. The partial assembled reads, and contigs were also searched with HMM for naphthalene dioxygenase genes and their host.

The results show that one of the most dominant strains is *Immundisolibacter* sp. which gives the highest hit with the NAH-gene (**Figure 6**). They belong to the Gammaproteobacteria. Papers describing the new species of *Immundisolibacter* have isolated them from heavy-weight PAHs contaminated soils, with the ability to grow on pyrene, phenanthrene, anthracene, benz[a]anthracene and fluorene (Corteselli et al., 2017), hence this a very interesting strain for further study.

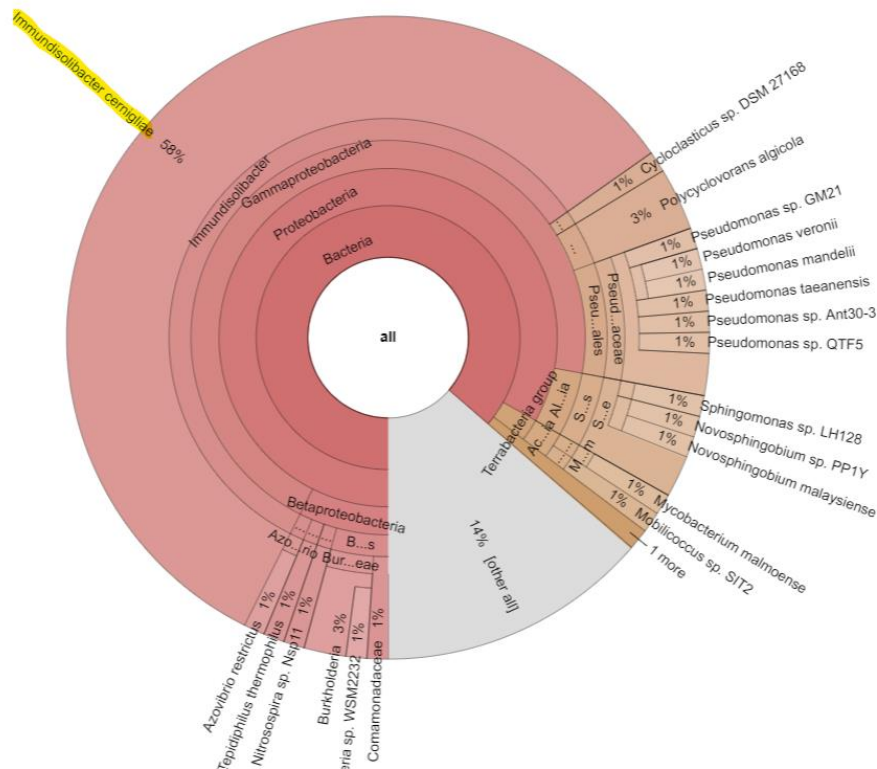


Figure 6: KAIJU plot of the NAH-gene search in sample B8307 with the highest weathering rate.

To understand which are in general the dominant occurring orders and families, a *rpoB* gene search was preformed (**Figure 7**). This shows many unclassified, hence novel orders, followed by Burkholderiales, Flavobacteriales and Pseudomonadales.

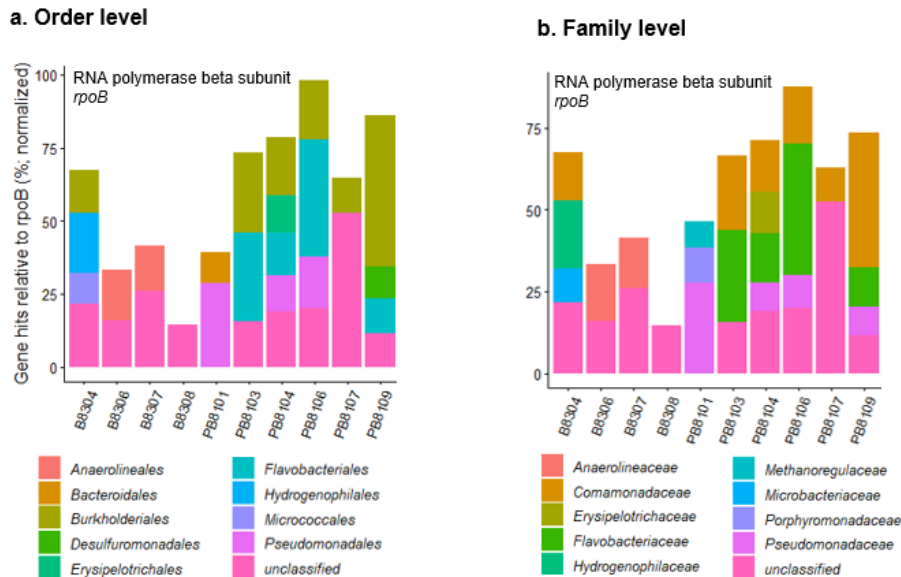


Figure 7: Taxonomic profiling of selected soil and groundwater microbiome samples from reference zone 1 by the hidden Markov model (HMM) for the RNA polymerase beta subunit (*rpoB*). Stacked bars represent the relative abundance of unassembled *rpoB* metagenome sequence reads classified at the order level (a) or family level (b). Taxa greater than or equal to 10% relative abundance are shown.

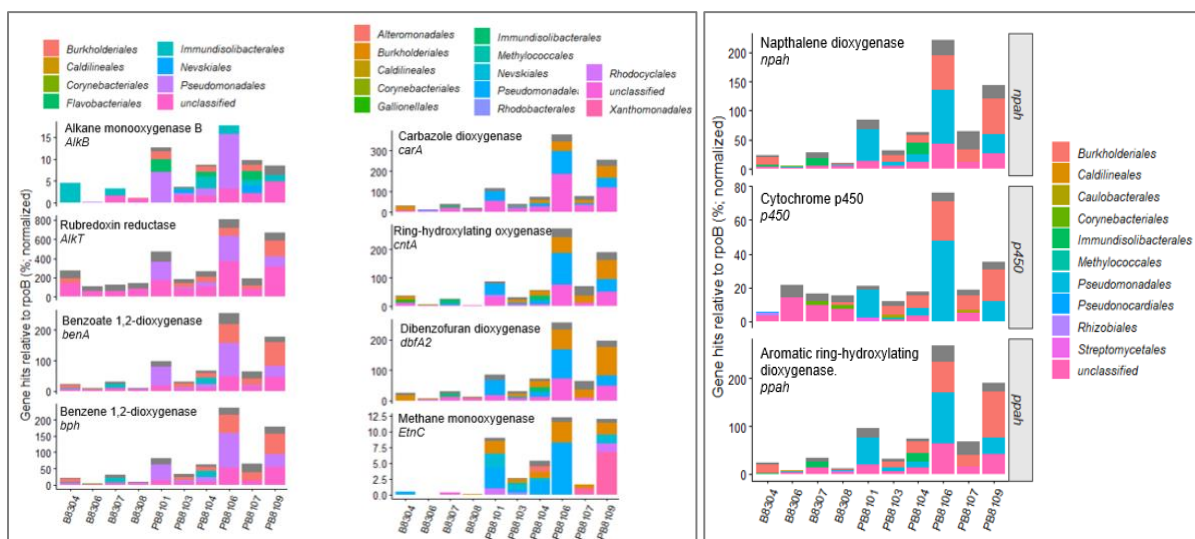


Figure 8: Functional gene profiling of oil and PAHs degraders in reference zone 1, soil and groundwater microbial communities by hidden Markov models (HMMs). Stacked bars represent the normalized abundances of functional genes, relative to *rpoB*, from unassembled metagenome reads. Orders at $\geq 10\%$ normalized relative abundance are shown with taxa labels. Names of the HMMs are shown in the plots and their abbreviation. HMMs were retrieved from

FunGene repository <http://fungene.cme.msu.edu/>). AlkB (alkane-monoxygenase B), AlkT (rubredoxin reductase), benA (benzoate 1,2-dioxygenase), bph (benzene 1,2-dioxygenase), carA (carbazole dioxygenase), cntA (ring-hydroxylating oxygenase), dbfA2 (dibenzofuran dioxygenase), EtnC (methane monoxygenase), npah (naphthalene dioxygenase), p450 (cytochrome P450), ppah (aromatic ring-hydroxylating dioxygenase).

Figure 8 shows the results of the HMM search for oil and PAH degrading genes in the selected soil and groundwater DNA samples. Here different genes are scattered across different organisms, such as the benzene dioxygenases in the Rhizobiales, Streptomycetales, and the ring-hydroxylating dioxygenases in the Pseudonocardiales. The most important degraders for NAH and PPAH are distributed amongst the Burkholderiales and Pseudomonadales, and some Immundisolibacterales.

We also performed strain isolations from soil and groundwater samples, but could not get *Immundisolibacter* into culture. We did isolate several *Pseudomonas* spp., and subjected them to the DCPIP test (lighter color means oil respiration), from here they were screened for the presence of the n-alkane monoxygenase gene (1 means a positive hit for AlkB, see also **Figure 10**). Third line of evidence was to subject a subset of the strains to an oil degradation assay and measuring the HC disappearance. As a proxy we used mineral oil because there was no crude oil standard available at the moment of conducting the tests. We can see that from the tested strains in purple, most of them are able to respire, metabolise oil in 10 days. This cannot always be explained by the presence of the AlkB gene, but this is just one proxy for oil degradation (see also the genes in Figure 8), and the DCPIP test is rather conservative in detecting oil degrading strains. To understand if all oil fractions are degraded equally, the results were plotted as percent degradation in **Figure 9**. From this it can be seen that all fractions are almost equally decreasing, except for *Arthrobacter* RES20, it seems to prefer to degrade C12-C20 over other compounds. The strains RES11 and RES19 were selected for whole genome sequencing.

Table 3: Oil degradation assay results

sequence name	DCPIP color change	AlkB-gene	Oil concentration C10-C40 (mg/l)
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> RES03	no change	1	
<i>Stenotrophomonas rhizophila</i> RES07	no change	1	574
<i>Rhizobium radiobacter</i> RES08	no change	0	1300
<i>Arthrobacter</i> sp. RES09	no change	1	
<i>Pseudomonas fluorescens</i> RES10	lighter	1	
<i>Pseudomonas fluorescens</i> RES11	lighter	1	660
<i>Pseudomonas fluorescens</i> RES12	lighter	1	
<i>Alcaligenes faecalis</i> RES13	no change	0	175
<i>Pseudomonas</i> sp. RES15	no change	0	
<i>Pseudomonas fluorescens</i> RES16	Lighter	1	190
<i>Alcaligenes faecalis</i> RES17	no change	0	
<i>Achromobacter xylosoxidans</i> RES18	no change	0	269
<i>Stenotrophomonas rhizophila</i> RES19	no change	0	128
<i>Arthrobacter</i> sp. RES20	no change	0	287
<i>Pseudomonas fluorescens</i> RES21	no change	0	
<i>Pseudomonas</i> sp. RES22	lighter	1	182
<i>Pseudomonas</i> sp. RES23	no change	1	
<i>Pseudomonas</i> sp. RES24	no change	1	
<i>Stenotrophomonas</i> sp. RES26	no change	0	
<i>Stenotrophomonas chelatiphaga</i> RES27	no change	1	120
No bacteria control	/	/	2000
No bacteria control	/	/	2500

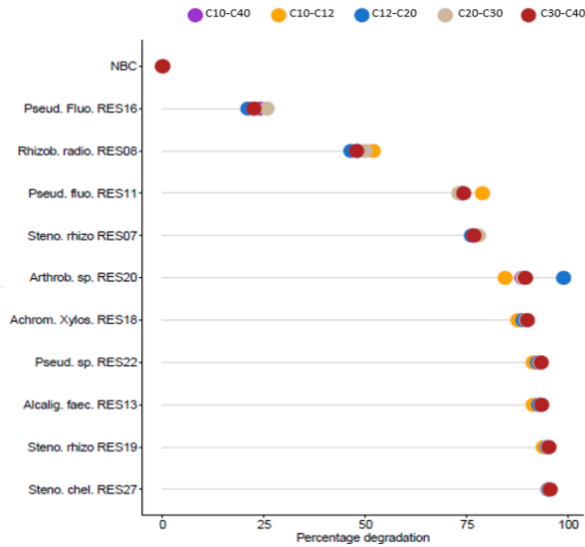


Figure 9: Percentage degradation of the different oil fractions by the bacterial isolates

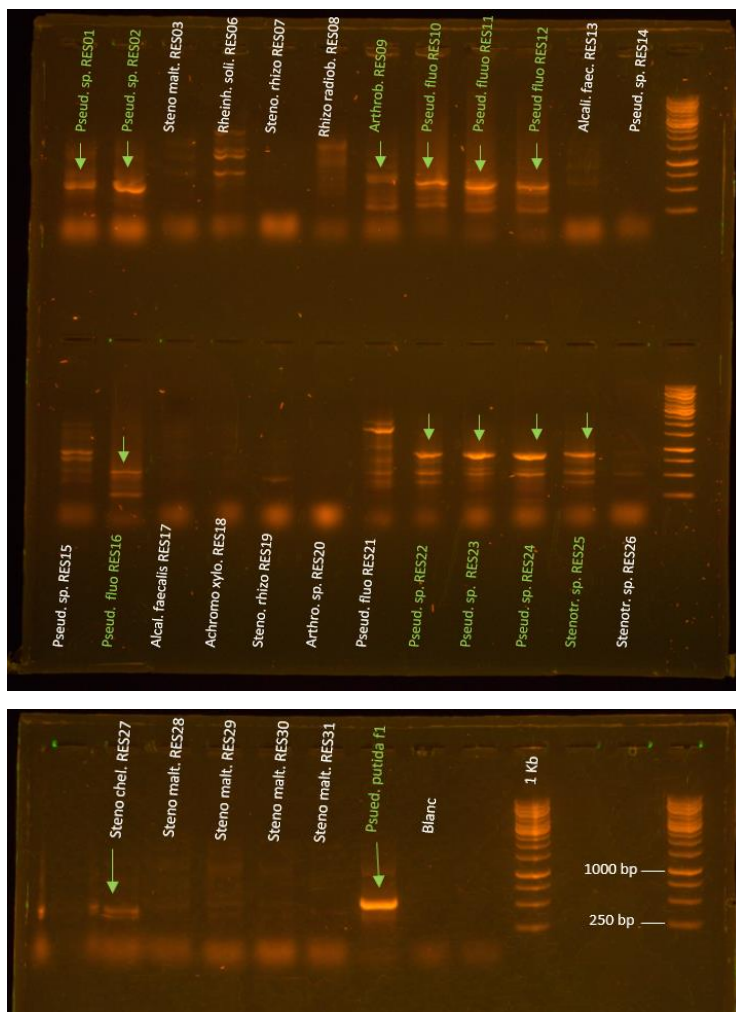


Figure 10: PCR results for the Alkane monooxygenase B gene for the RESANAT isolates.

Strains highlighted in green show a positive amplification with a fragment of the expected size (+/- 400 bp) compared to the positive control strain *Pseudomonas putida* f1.

2.6 Pot test Reference zone 1

On 07/05/2020 we started a pot experiment with four poplar cultivars, Dender, Marke, Skado and Bakan with the latter two salt resistance. We performed two treatments: addition of magnesium fertiliser and peat, or Mg fertiliser and inoculated, vs the control pots. After 6 weeks the poplars were harvested.

Table 4: Poplar pot test

	Dender	Marke	Skado	Bakan
Control	1	4	7	10
	2	5	8	11
	3	6	9	12
With Mg fertiliser + peat	13	16	19	22
	14	17	20	23
	15	18	21	24
With Mg fertiliser + inoculated	25	28	31	34
	26	29	32	35
	27	30	33	36



Figure 7: Poplar pot test (left). Bakans (right): control, Mg+ peat, and Mg+bacteria.

Table 5: Results of the first pot test screening

Dender	chlorophyll	# of leaves	shoot biomass (g)		pH		
			FW	DW	H2O	KCl	
Control							
1	10	14	10.4	4.1	/	/	
2	/	/	/	/	/	/	
3	14.3	27	38	18.9	/	/	
Mg + peat							
13	14.3	14	15.9	4.9	/	/	
14	15	10	9.6	4.4	/	/	
15	15.9	10	7.4	3.7	/	/	
Mg + inoculated							
25	7.2	10	8	3.6	/	/	
26	6.6	10	9.5	4.2	/	/	
27	7.4	7	7.8	3.4	/	/	
Marke							
	chlorophyll	# of leaves	shoot biomass (g)		pH		
			FW	DW	H2O	KCl	
Control							
4	17.5	8	9.1	4.2			
5	11.7	21	16.4	5.9	7.71	7.86	
6	10.1	23	18.2	6.4			
Mg + peat							
16	9.1	16	16.1	6.8			
17	21.9	30	29.4	11.5	7.49	7.79	
18	17.2	14	17.9	7.8			
Mg + inoculated							
28	10.4	4	7.2	3.7			
29	9	7	18	8.9	7.76	7.73	
30	6.4	17	18.1	7.6			
Bakan							
	chlorophyll	# of leaves	shoot biomass (g)		pH		
			FW	DW	H2O	KCl	
Control							
10	21.8	5	11.7	5.6			
11	15.1	24	36.9	17.2			
12	20.4	16	22.8	8.3			
Mg + peat							
22	22.3	4	12.9	6.1			
23	18.5	26	37.2	12.8			
24	20.5	19	25.8	7.9			
Mg + inoculated							
34	28.1	15	21.9	8.1			
35	32.7	28	29.2	11.2			
36	32.5	26	27.9	10.0			

The best poplar cultivar in the pot test was Bakan, with the highest FW. The cuttings that didn't root but developed rust-disease was Skado. Also Marke and Dender suffered from rust-disease at the end of the cultivation period. Mg addition and inoculation significantly increased leaf chlorophyll content for the Bakan.

Conclusion Reference zone 1:

Using the multi-line of evidence approach we have now a clear evidence that degradative microbes are present in the soil, that metabolites are being formed catalysed by aerobic and anaerobic strains, and that oxic/anoxic conditions are highly fluctuating. The most interesting strains appear those of the genus *Immundisolibacter* and *Pseudomonas*.

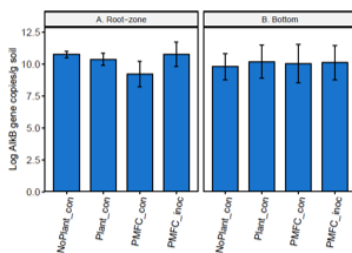
2.7 Zijdelings vaartje

Slib/sediment soil was dried and homogenised before filling in pots, and 16 plants of Phragmites and Typha were planted to give the following conditions as in **Table 6**: plant control, plant microbial fuel cell (PMFC) control, and plant-microbial fuel cell + inoculation. The plants were grown from October to May (7 months), but did not show good growth during the winter period. So, we decided to prolong incubation before a first analyses.

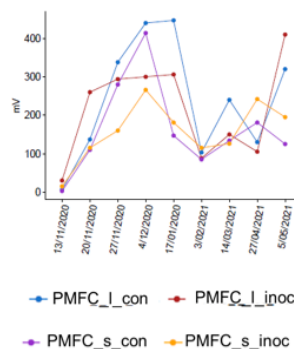


Figure 8: Plant microbial fuel cell.

a. AlkB gene copy number



b. Potential



c. Oil concentrations in soil after 7 months compared to initial

	PAK16EPA	MineraOil C10-C12	MineraOil C12-C20	MineraOil C20-C30	MineraOil C30-C40
	mg/kg DW				
Initial	2100	69	1800	5600	2600
NoPlant_con	2200 5%	61 -12%	1500 -17%	4200 -25%	1600 -38%
Plant_con	2400 14%	58 -16%	1600 -11%	4400 -21%	2300 -12%
PMFC_con	2400 14%	100 45%	2100 17%	7000 25%	3600 38%
PMFC_inoc	2200 5%	66 -4%	1500 -17%	4300 -23%	1700 -35%
PMFC_con	2200 5%	68 -1%	1800 0%	5400 -4%	2100 -19%
PMFC_inoc	2500 19%	83 20%	1800 0%	5600 0%	2500 -4%

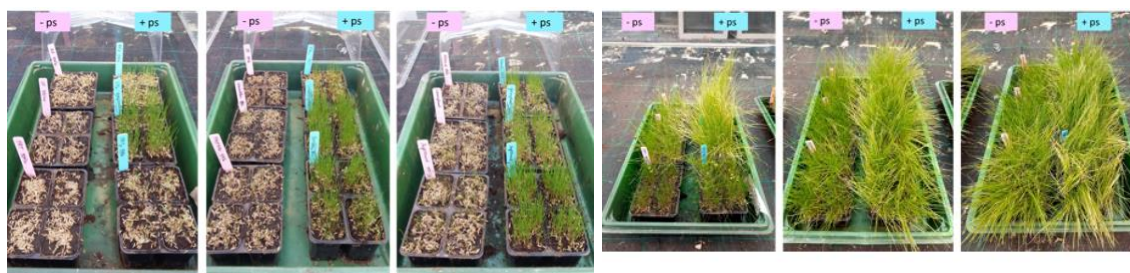
Figure 9: AlkB gene copy number (a), Potential (b) and Oil concentrations (c) in the pots after 7 months.

The PAKs and mineral oil analyses show a large variability, the pollutant concentrations are higher 7 months later, compared to the start of the experiment. The added carbon felt in the PMFC set-ups might enhance pollutant mobility, this has also been shown by EKOGRID before in the field (<https://www.ekogrid.fi/>). Also the release of plant root exudates might stimulate pollutant bioavailability, and thus better extractability of the pollutants. Another explanation might be the very heterogenous distribution of the pollutants. The plant as such or PMFC-inoculated showed the most decreases.

2.8 Phytopile

We performed a pot test with different grass species, using polluted soil from the phytopile as substratum. The addition of potting soil top layer was evaluated on grass root length growth. There was a threefold difference in grass root length between the worst performing grasses (*Festuca arundinaceae*, 5.5 cm), and the best performing grass species, *Lolium perenne*, Fastball (15.8 cm). 'With' potting soil showed faster germination, so it definitely helped reducing pollutant toxicity for the seeds, but then the roots mainly were confined to the thin potting soil layer, and that's also not desirable, so the roots try to avoid the high toxicity. So overall, no potting soil toplayer resulted in the longest roots.

<i>Pseudomonas</i> sp. 4.1	No bac control		Seed-coated			Inoculated		
N ₂ -fixing plant	-	-	-	<i>Melilotus alba</i>		-	<i>Melilotus alba</i>	
Fertilizer	-	MaxBac	-	-	MaxBac	-	-	MaxBac
No grass	4	-	-	-	-	-	-	-
Mistral+Agreement	-	4	4	4	4	4	4	4



AE	AE + ps	FA	FA + ps	Mistral	Mistral + ps
LP	LP + ps	Grandslam	Gr + ps	Greenplanet	Greenpl. + ps
FRT	FRT + ps	Fastball	Fb + ps	Agreem.	Agreem. + ps

Grass species or variety	Germination score
Agreement + ps	+++++
Grandslam + ps	+++++
<i>Lolium perenne</i> + ps	+++++
Greenplanet + ps	++++
Mistral + ps	++++
Fastball + ps	++++-
FA + ps	+++
AE + ps	+++
<i>Lolium perenne</i>	+++

Sample	Treatment	Root length (cm)		Shoot length (cm)		Ratio Root:Shoot
		min-max	min-max	min-max	min-max	
LP_Fastball	No potting soil	15.8 - 17.6	8.2 - 9.4	2.13		
LP_Grandslam	No potting soil	18.7 - 19.6	9.5 - 7.6	2.11		
LP_Greenplanet	No potting soil	18.0 - 19.5	11.0 - 12.5	1.73		
FRT	Potting soil	18.2 - 21.5	20.6 - 18.6	1.00		
LP_Fastball	Potting soil	14.2 - 15.6	10.5 - 13.4	1.50		
Mistral	No potting soil	12.5 - 14.7	13.2 - 14.5	1.08		
Mistral	Potting soil	14.5 - 15.8	14.6 - 16.7	1.07		
FA	No potting soil	13.2 - 15.1	14. - 15.5	1.07		
LP_Agreement	No potting soil	13.5 - 14.2	14.0 - 15.4	1.00		
LP_Greenplanet	Potting soil	12.5 - 14.7	14.6 - 15.0	1.00		
LP_Grandslam	Potting soil	12.1 - 13.6	14.6 - 16.1	0.93		
FRT	No potting soil	4.7 - 5.1	6.5 - 7.2	0.77		
AE	No potting soil	8.3 - 9.7	14.0 - 14.8	0.64		
LP_Agreement	Potting soil	7.5 - 8.9	15.2 - 15.8	0.53		
AE	Potting soil	8.4 - 9.3	20.5 - 22.8	0.45		
FA	Potting soil	5.5 - 7.5	18.4 - 19.5	0.39		

Figure 10: Germination pot assay with different grass species on oil and PAHs polluted soil from the phytopile. LP = *Lolium perenne*, FA = *Festuca arundinaceae*, AE = *Arenatherum elatius*. Agreement, Grandslam Greenplanet, Mistral are varieties of *Lolium perenne*.

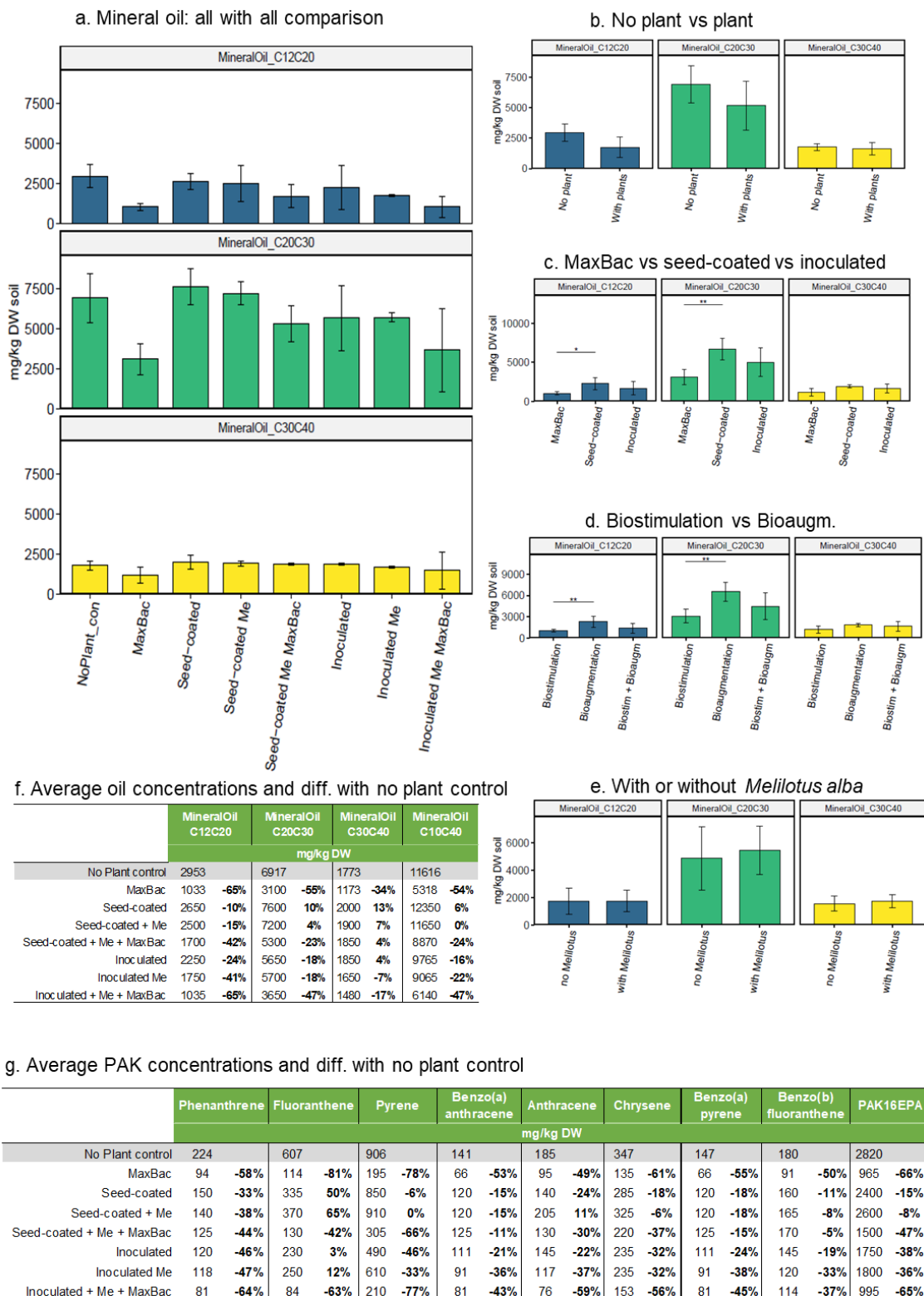


Figure 11: Mineral oil and PAK concentrations at the end of the pot experiment.

Concentrations of C12-C20 and C20-C30 were lower when a plant was grown in the pot, vs no-plant control (**Figure 11b**). The addition of MaxBac reduced the concentrations more (biostimulation), compared to bioaugmentation (inoculation) (**Figure 11c**). However, the combination approach: inoculation + Maxbac + *Mellilotus alba*, resulted in the strongest decreases in oil concentrations (**Figure 11f and g**).

In situ phytopile



1) test the effect of aeration + inoculation vs control (non of them all)			
2B (no aeration, no toplayer, and tall phytopile: control)		2A (aeration + inoculation, tall phytopile)	
2B-1	1 <i>Arrhenatherum elatius</i>	2A-1	7 <i>Lolium perenne</i> +i
2B-2	2 Mistral coat	2A-2	8 Grandslam +i
2B-3	3 Mistral coat	2A-3	9 Mistral/FB +i
2B-4	4 Mistral	2A-4	10 Mistral coat +i
2B-5	5 Mistral	2A-5	11 Mistral coat +i
2B-6	6 <i>Festuca arundinaceae</i>	2A-6	12 <i>Festuca arundinaceae</i> +i

2) test the effect of aeration + biosurfactant vs control (none of them all)			
1D (no aeration, low phytopile: control of 1B)		1B (aeration + inoculation, low phytopile)	
1D-1	13 <i>Festuca arundinaceae</i>	1B-1	17 <i>Lolium perenne</i>
1D-2	14 Agreement	1B-2	18 Mistral
1D-3	15 Mistral	1B-3	19 Agreement
1D-4	16 <i>Lolium perenne</i>	1B-4	20 <i>Festuca arundinaceae</i>

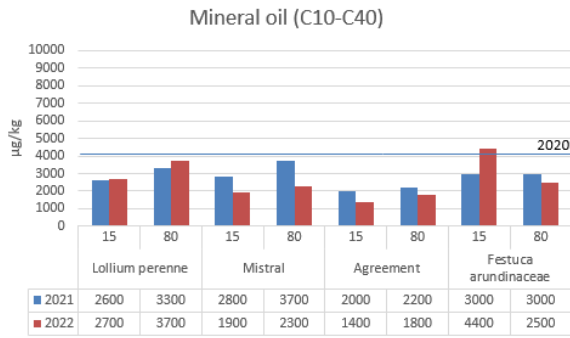
3) test the effect of additionally melilotus on PAH degradation vs without melilotus (all are also aerated + inoculated)			
1C (no aeration, low phytopile: control of 1A)		1A (aeration + inoculation + <i>Mellilotus</i> , low phytopile)	
1C-1	21 Agr +i	1A-1	25 Agr +i + me
1C-2	22 Agr coat +i	1A-2	26 Agr coat +i +me
1C-3	23 Mistral coat +i	1A-3	27 Mistral coat +i +me
1C-4	24 Mistral +i	1A-4	28 Mistral +i +me

Figure 12: Picture and scheme of the phytopiles (09/2020). *Arrhenatherum elatius* (AE): Frans raaigras. *Lolium perenne* (LP): Engels raaigras. *Festuca arundinacea* (FA): rietzwenkgras. Mistral, Agreement (Agr), Grandslam: varieties of *Lolium perenne*. I = inoculated. Coat = seed-coated. Me = *Mellilotus alba* (witte honingklaver).

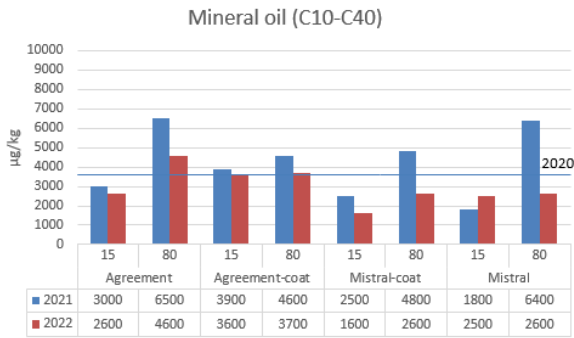


Figure 13: Evolution of grass growth. The pictures show the germination on 11/2020, followed by a picture of the grass coverage on 30/04/2021, the roots were > 18 cm and *Melilotus alba* was present.

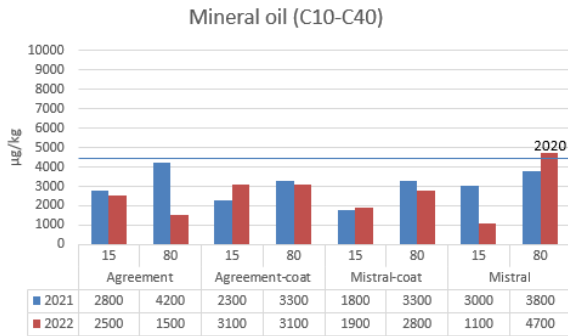
1A pile aeration + inoculation +
Melilotus, low phytople



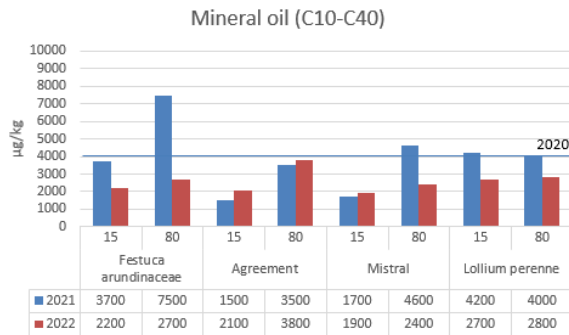
1B pile aeration +
inoculation, low phytople



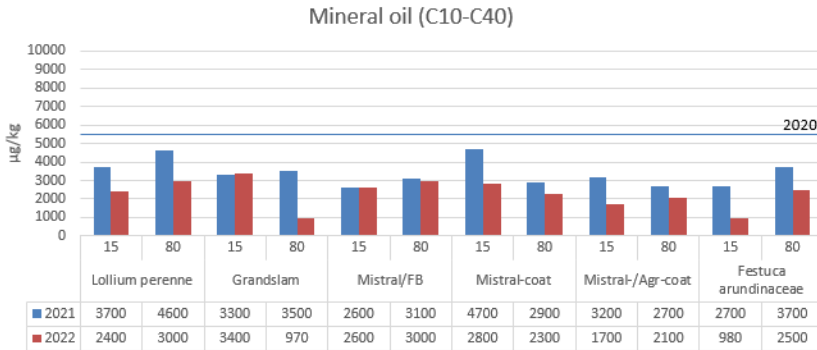
1C pile no aeration, low phytople



1D pile no aeration, low phytople



2A pile aeration + inoculation, tall phytople



2B pile no aeration, no toplayer, and tall phytople

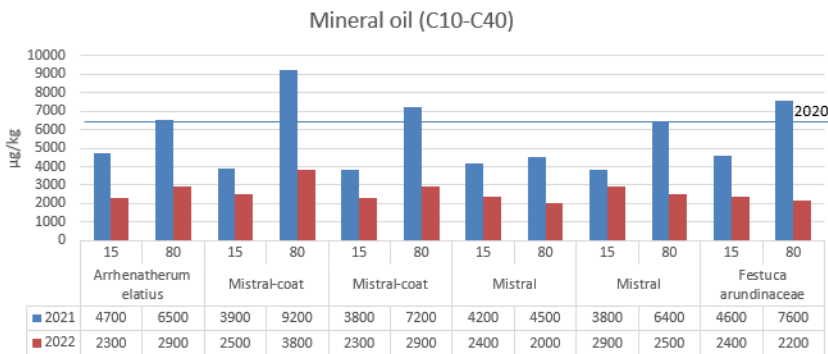


Figure 14: Mineral oil concentrations (µg/kg) in 2020, 2021 and 2022, for the small piles 1A-D, and large piles 2A-B.

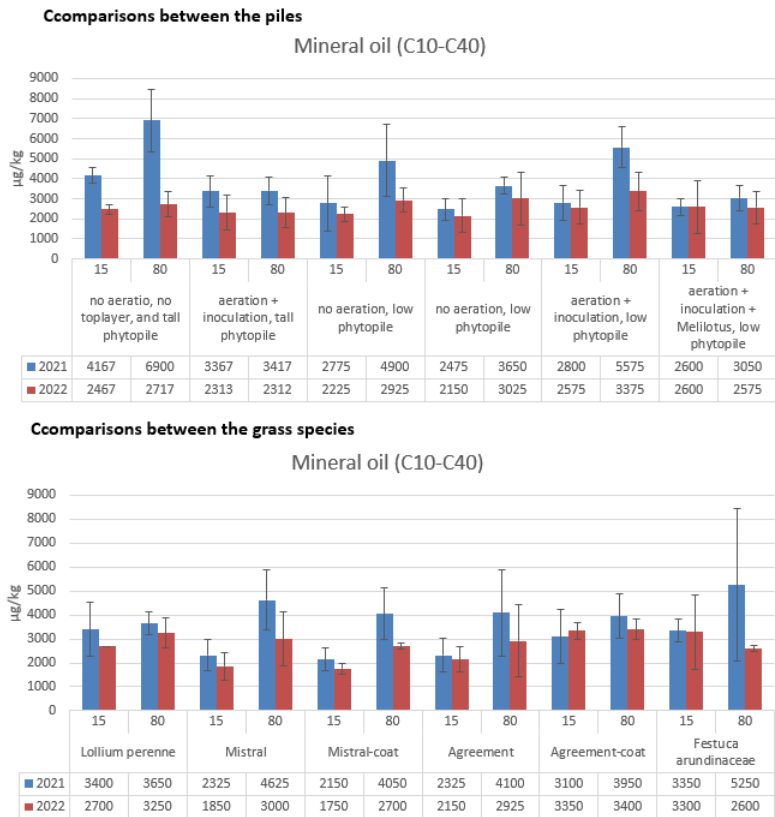
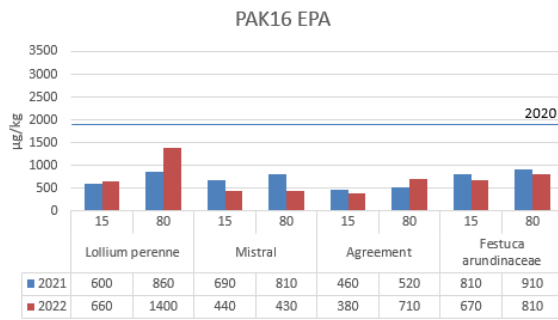


Figure 15: Comparisons in soil oil concentrations between the phytopyile configurations, and between the grass species.

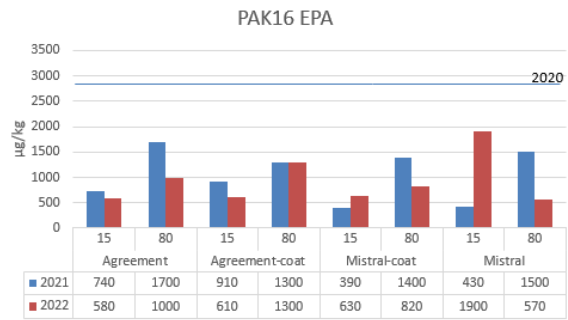
We see that no aeration, no toplayer, and tall phytopyile (2B), still had the most oil concentrations in the soil (**Figure 15**). Then there is no large difference between the piles (low phytopyiles) or the aerated large phytopyile. Mistral, and Mistral-coated grasses result in the largest decrease in oil concentrations in the root zone (top 15 cm). *Festuca* did not perform that well, it also had the shortest roots of all.

The same trend can be observed for the PAKs (**Figure 16, 17**). The most PAKs remained in the large, non-aerated pile. While, there was a larger decrease, but similar in all aerated piles. Mistral, Mistral-coated, and Agreement seems to perform best.

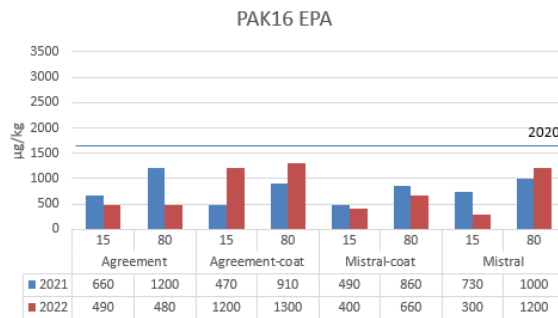
1A pile aeration + inoculation +
Melilotus, low phytopile



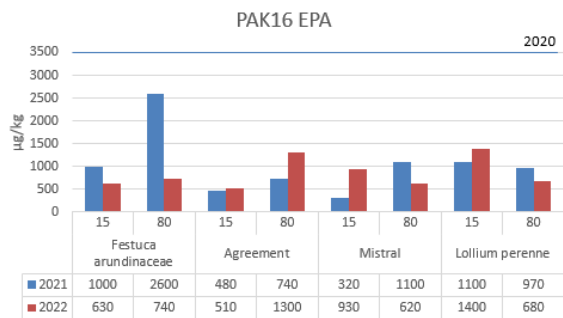
1B pile aeration +
inoculation, low phytopile



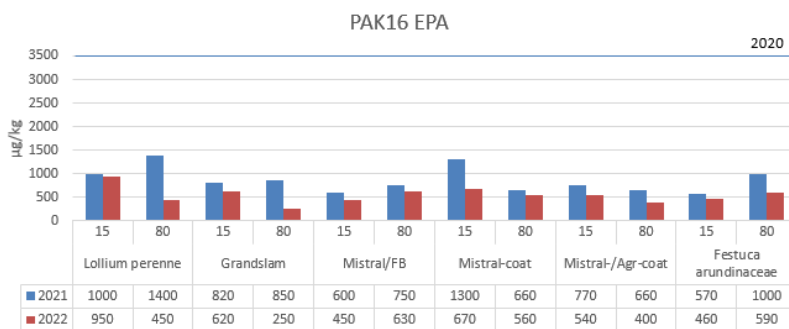
1C pile no aeration, low phytopile



1D pile no aeration, low phytopile



2A pile aeration + inoculation, tall phytopile



2B pile no aeration, no toplayer, and tall phytopile

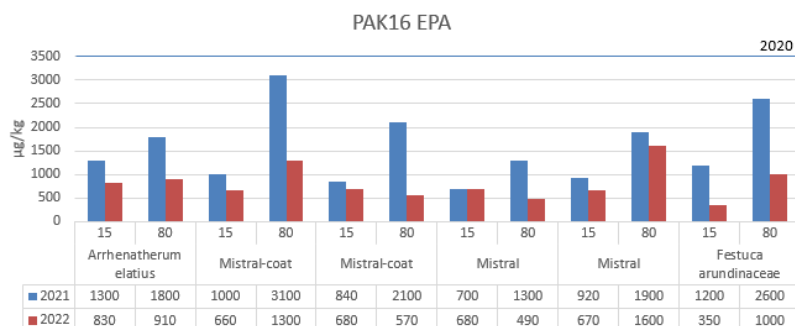
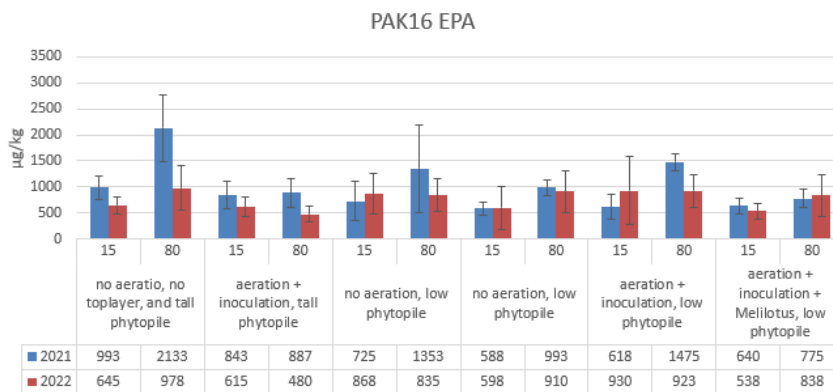


Figure 16: PAKs concentrations (µg/kg) in 2020, 2021 and 2022, for the small piles 1A-D, and large piles 2A-B.

Comparisons between the piles



Comparisons between the grasses

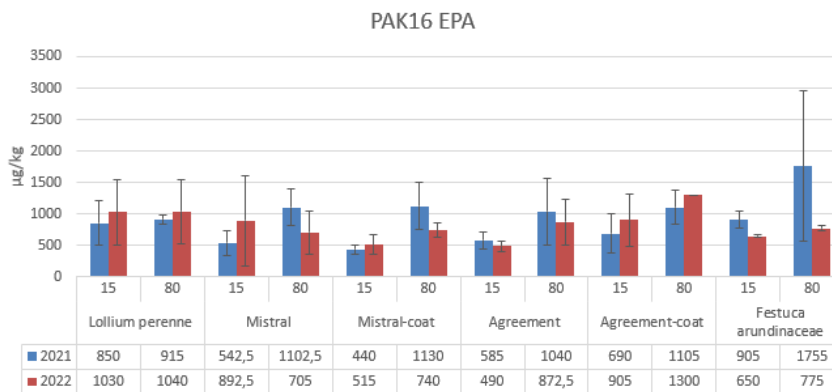


Figure 16: Comparisons in soil PAKs concentrations between the phytopyile configurations, and between the grass species.

Conclusion phytopyiles

Overall, the concentrations of PAKs are very high and this can limit biotransformation. Moreover, the PAKs are dominated by fluoranthene, pyrene, anthracene, chrysene, benzo(a)anthracene, difficult to biodegrade, and they have a poor bioavailability, especially in an organic carbon rich substrate. There is however a significant reduction in oil and PAKs concentrations since 2020 (pooled sample) vs 2021, and 2022, and also small decreases from 2021 to 2022, so the grasses combined with the aeration, seem to have a positive phytoremediation effect. The aeration provides oxygen for the degradation of the complex ring structures by oxygenases, but it can also lead to volatilization of smaller molecules. This needs to be carefully checked.

References

Corteselli, E. M., Aitken, M. D., and Singleton, D. R. (2017). Description of *Immundisolibacter cernigliae* gen. nov., sp. nov., a high-molecular-weight polycyclic aromatic hydrocarbon-degrading bacterium within the class Gammaproteobacteria, and proposal of Immundisolibacterales ord. nov. and Immundisolibacteraceae fam. nov. *Int J Syst Evol Micr* 67, 925–931.
doi:10.1099/ijsem.0.001714.

Report

Monitoring study for RESANAT (BN210305)

Contact: Sofie Thijs

Phone: +32 11 26 82 25

Address: Centre for Environmental Sciences
Agoralaan building D
3590 Diepenbeek, Belgium

Email: sofie.thijs@uhasselt.be

Report ID	RESANAT BN210305
-----------	--------------------

Report
comments: Progress report

Report Date: 06/10/2022

Addressee:

OVAM

Stationsstraat 10

2800 Mechelen

Belgium

Att.: Hans Vincent, Katrien van de Wiele

1 Overview of the tasks

For the pilot zone:

	MONITORING	Stalen	Tijd- stippen	Totaal
Monitoring afbraak potentieel	qPCR AlkB/PAH gene	40	2	80
Fytotoxiciteit	Visuele inspectie van planten			
Efficiëntie van het inoculum	Pre-screening 50 to 12 best for oil	50	1	50
	Pre-screening 50 to 12 best for PAK	50	1	50
	Lab microcosm tests: test different E-donors, receptors, consortia construction	12	1	12
Voldoende opname en afbraak potentieel	Rapport BACTRAPS	1	1	1
	BACTRAPS	2	1	2
	Metabolites on the cartridge of Iflux+Isodetect	6	1	6
	GC-screening (time series: jun (t0), jul, aug, oct, jan, jun)	2	6	12
	GC + metabolites report	1	1	1
Phytovolatilisatie	Tree cores Uantwerpen or SGS	20	2	40
Geïntegreerd rapport	Geïntegreerde data-analyse	1	1	1

For Zijdelings vaartje:

	MONITORING	Stalen	Tijd- stippen	Totaal
Monitoring afbraak potentieel	qPCR AlkB/PAH gene	20	2	40
Fytotoxiciteit	Visual inspection of plants			
Efficiëntie inoculum	Pre-screening 50 to 12 best for BTEX	25	1	25
	Lab microcosm tests: test different E-donors, receptors, consortia construction	6	1	6
Voldoende opname, afbraak potentieel	W&B			

For the phytopies:

	MONITORING	Stalen	Tijd- stippen	Totaal
Monitoring afbraak potentieel	qPCR AlkB/PAH gene	30	2	60
Fytotoxiciteit en wortellengte	root cores			
Efficiëntie inoculum	Pre-screening 50 to 12 best for oil	25	1	25
	Lab microcosm tests: test different E-donors, receptors, consortia construction	6	1	6
Voldoende in situ afbraakpotentieel	W&B			

2. Results

2.1 qPCR for the naphthalene dioxygenase gene (NAH) pilot 1

Groundwater samples collected at the pilot 1 site contain very high concentrations of naphthalene, up to 13,000 µg/L (pure product), besides other polycyclic aromatic hydrocarbon compounds (PAHs) (based on concentration analyses results by Witteveen & bos and Iflux). For the aerobic biodegradation of naphthalene and other PAHs, microbial dioxygenase enzymes are involved which incorporate 2 atoms of molecular oxygen into naphthalene to initiate aerobic metabolism of the compound (**Figure 1**). The broad substrate specificity however of naphthalene dioxygenase also allows the oxidation of other larger PAH rings like anthracene, phenanthrene, acenaphthylene, fluorene etc.. also present in the groundwater of this site.

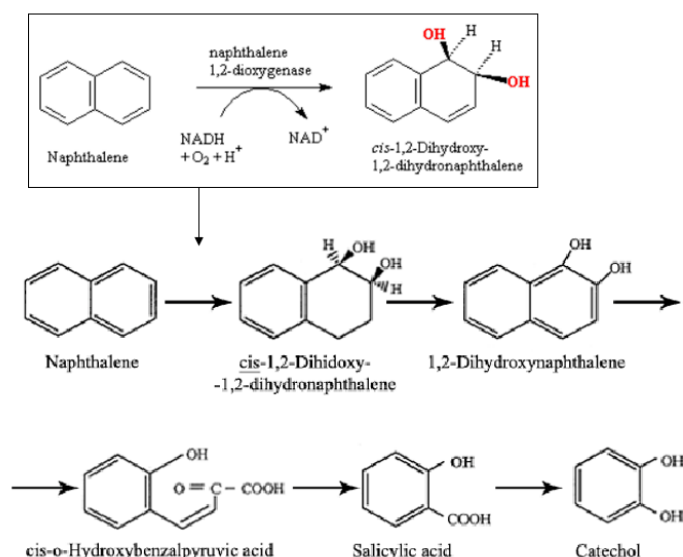


Figure 1: Aerobic metabolism of naphthalene. Ref:

https://www.researchgate.net/figure/Aerobic-naphthalene-biodegradation-25_fig2_230793131

We therefore targeted this NAH gene for assessing the presence of naphthalene and other PAH-degrading bacteria, with quantitative polymerase chain reaction (qPCR). To compare the results with the total number of bacteria present at the site, we also measured the 16s rRNA gene, present in all bacteria of the Eubacteria group, indicated in the table below as EUB.

We can see from **Table 1** that we can extract DNA from a 100 ml groundwater sample, which means there is life in this heavily polluted groundwater. DNA-concentrations vary with depth. Less microbial DNA in deeper wells (82-series; 6-7 m depth filter setting), compared to the shallower wells (3 m filter setting) which is as expected, as the highest number of microbes live actually in the top 5 cm of soils, or water bodies. Differences in DNA-concentrations over time (30/7/2021 vs 13/07/2022)

or between samples can be related to natural variations in population levels, DNA extraction efficiency if there are many inhibitors (black pure product), or by the fact that there was sometimes more sediment in the sampling bottles, which can influence the number of microbial cells.

We see secondly, that there are bacteria present (qPCR EUBacteria), and that in some wells also a hit with naphthalene dioxygenase was found, not in all wells because there was a lower naphthalene concentration in that well for example at the specific sampling time, hence supporting a lower number of degraders. In all, the presence of naphthalene degraders is very comforting, as this proves one-to-one that **there is microbial degradation potential in the field for naphthalene** and potentially other PAHs. This needs to be verified with isolates strains from the field and degradation assays, or a mesocosm assay using soil and groundwater from the field.

Table 1: DNA concentration, and qPCR hits (expressed in copies of genes per ml groundwater) with the Eubacteria group (EBU), and naphthalene dioxygenase (NAH).

Sample	Date	DNA conc. (ng/μl)	qPCR EUB copies/ml	qPCR NAH copies/ml
P7302	30/07/2021	21,40	3,29E+14	
P7303	30/07/2021	12,10	2,87E+14	1,48E+10
P7304	30/07/2021	2,05	2,57E+12	
P7401	30/07/2021	7,20	1,20E+14	
P7402	30/07/2021	10,40	5,50E+14	1,75E+09
P7510	30/07/2021	1,53	1,65E+13	
P7511	30/07/2021	20,00	4,34E+14	1,24E+08
P7801	30/07/2021	9,64	1,99E+14	
P8108	30/07/2021	28,80	5,49E+14	
P8101	30/07/2021	50,00	1,07E+16	
P8102	30/07/2021	19,90	8,39E+14	2,20E+11
P8103	30/07/2021	34,70	4,24E+14	1,99E+07
P8104	30/07/2021	22,80	8,98E+14	
P8107	30/07/2021	42,50	1,64E+15	2,04E+11
P8106	30/07/2021	41,20	1,33E+15	3,30E+11
P8105	30/07/2021	40,70	5,14E+14	
P8201	30/07/2021	5,63	1,89E+14	4,57E+10
P8202	30/07/2021	11,90	5,19E+14	
P8203	30/07/2021	0,30	1,76E+11	
P8204	30/07/2021	8,64		
P8205	30/07/2021	29,10	7,45E+14	
P8206	30/07/2021	2,25	6,57E+13	1,30E+10
P8207	30/07/2021	0,18	1,83E+10	
P8208	30/07/2021	11,20	1,27E+14	
P8209	30/07/2021	26,90	7,69E+14	
P8101	29/10/2021	0,94	4,94E+12	
P8104	29/10/2021	0,96	1,32E+13	
P8106	29/10/2021	0,78	2,45E+12	
P8109	29/10/2021	1,50	7,84E+12	
P8101	13/07/2022	1,46	4,92E+12	
P8102	13/07/2022	1,05	1,83E+12	1,80E+11
P8103	13/07/2022	0,61	1,38E+12	1,73E+07
P8105	13/07/2022	0,82	2,50E+12	
P8106	13/07/2022	1,21	3,94E+12	1,14E+11
P8107	13/07/2022	2,27	7,92E+12	9,30E+10
P8108	13/07/2022	1,01	1,46E+12	
P8109	13/07/2022	1,98	9,35E+12	
P8201	13/07/2022	0,78	2,35E+12	
P8202	13/07/2022	0,66	1,17E+12	3,17E+10
P8203	13/07/2022	2,63	2,18E+12	
P8204	13/07/2022	3,82	5,11E+13	
P8205	13/07/2022	1,02	1,38E+12	
P8206	13/07/2022	0,45	8,97E+11	
P8207	13/07/2022	0,70	1,23E+13	2,60E+10
P8208	13/07/2022	1,22	2,90E+12	

2.2 Efficiency of the inoculum

We used for the inoculation of bacteria, one strain from the UHAS culture collection because it contains a naphthalene degradation operon, the *Pseudomonas* sp. VI4.1 (ref: <https://www.mdpi.com/2073-4425/10/6/443>). We complemented this with *Pseudomonas* RES11, isolated from the RESANAT site. This strain was able to grow on pure oil.

The VI4.1 has a naphthalene degradation operon, the RES10 degrades mineral oil (n-alkanes).

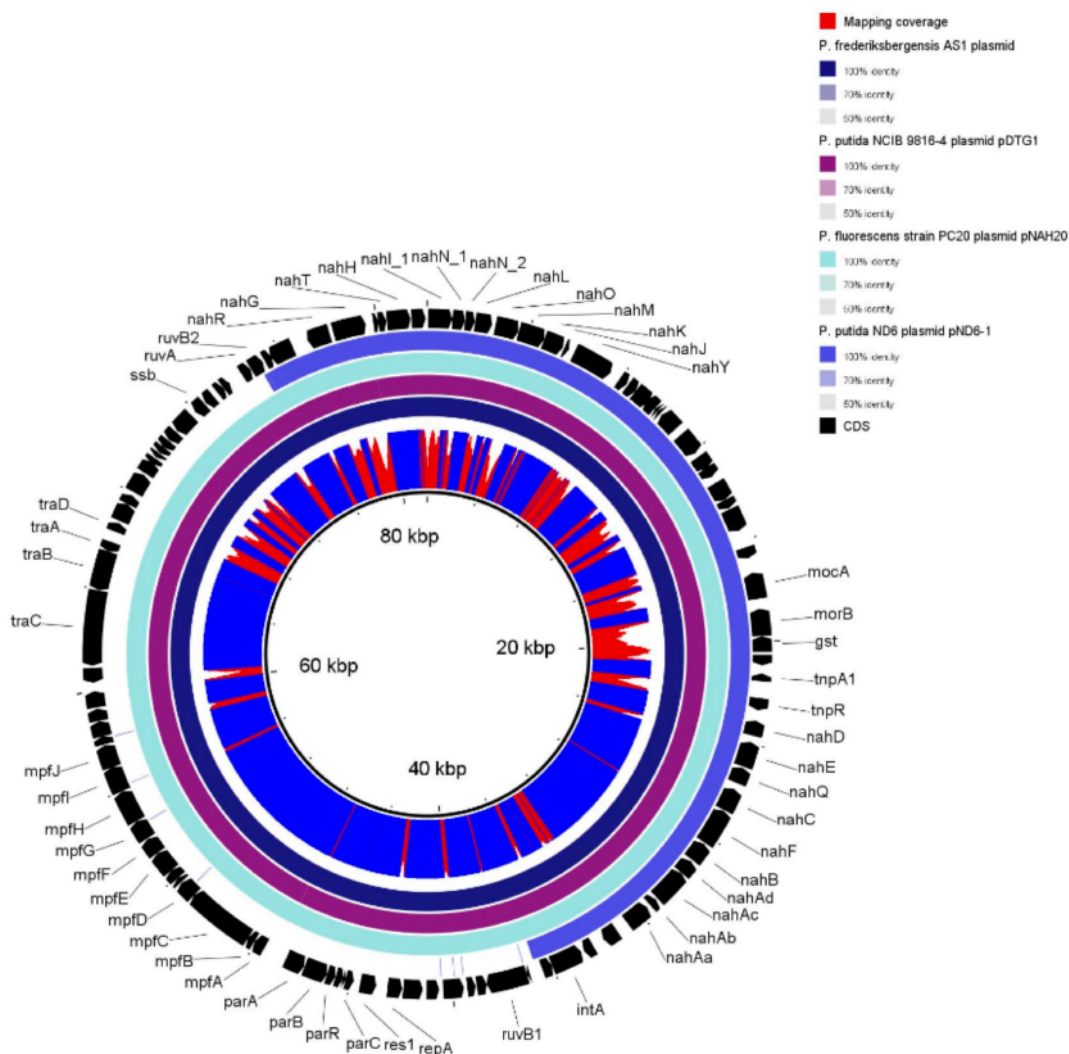


Figure 2: pVI4.1, 80 kb plasmid encoding a full naphthalene operon, nahAaAbAcAdBFCED to convert naphthalene to salicylate, and the lower nahGTHINLOMKJY operon to convert salicylate via catechol to tricarboxylic acid (TCA) cycle intermediates.

Inoculation took place on 25/6/2021 around 4 new poplars, in the zone around monitoring well 8105, and 2 existing poplars as well as sea buckthorn bushes, in the zone around monitoring wells 8106 and 8107

We tested the strain VI4.I for naphthalene degradation and found that it could indeed use naphthalene as its sole C-source and the concentration disappeared almost completely from the growth medium after 7 days of incubation with 15 µg/L naphthalene as start concentration (**Figure 3**). This confirms that this strain is a candidate for the naphthalene degradation in the field.

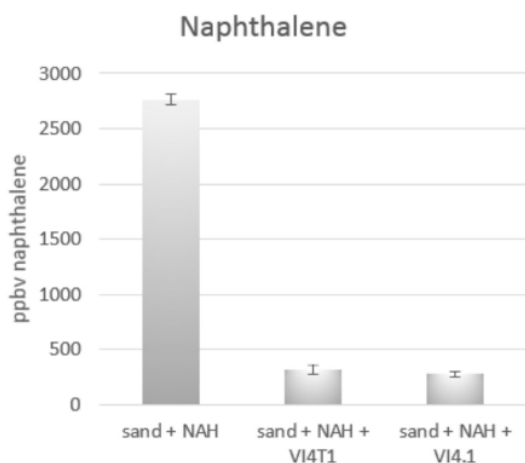


Figure 3: Naphthalene degradation by strain VI4.1 and VI4T1 compared to the untreated control (sand with naphthalene).

Another oil analyses degradation assay by isolated bacteria, using 2 % mineral oil, was set-up to test their degradation capacity. As you can see from **Table 2**, degradation was shown for multiple strains compared to the No Bacteria Controls (NBC).

Table 2: Oil degradation % of RES11 and other isolated strains from the resanat site.

Species name	C10C40	C10C12	C12C20	C20C30	C30C40	%DEGRAD	%DEGRAD	%DEGRAD	%DEGRAD	%DEGRAD
	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	C10C40	C10C12	C12C20	C20C30	C30C40
<i>Stenotrophomonas chelatiphaga</i> RES27	120000	77	59700	56200	3950	95,2	95,2	95,0	95,3	95,5
<i>Stenotrophomonas rhizophila</i> RES19	128000	100	63400	59700	4270	94,88	93,8	94,7	95,0	95,2
<i>Alcaligenes faecalis</i> RES13	175000	140	87900	80700	5790	93	91,3	92,7	93,3	93,4
<i>Pseudomonas</i> sp. RES22	182000	140	91300	84300	5920	92,72	91,3	92,4	93,0	93,3
<i>Achromobacter xylosoxidans</i> RES18	269000	200	135000	125000	8960	89,24	87,5	88,8	89,6	89,9
<i>Arthrobacter</i> sp. RES20	287000	250	14000	134000	9340	88,52	84,4	98,8	88,8	89,4
<i>Stenotrophomonas rhizophila</i> RES07	574000	380	287000	267000	20600	77,04	76,3	76,1	77,8	76,7
<i>Pseudomonas fluorescens</i> RES11	660000	340	313000	324000	22800	73,6	78,8	73,9	73,0	74,2
<i>Rhizobium radiobacter</i> RES08	1300000	770	643000	601000	46100	48	51,9	46,4	49,9	47,8
<i>Pseudomonas fluorescens</i> RES16	1900000	1240	948000	892000	68400	24	22,5	21,0	25,7	22,5
NBC	2000000	1555	950000	950000	79500	20	2,8	20,8	20,8	10,0
NBC	2500000	1600	1200000	1200000	88300	0	0	0	0	0

Lastly, instead of the 12 microcosms, new degradation analyses were set-up on the new, and highly sensitive 2D-GC instrument at the chemistry department to get a deeper understanding of which C-length compounds the strains used mostly, more detailed then here above. This was tested for 4 strains in triplicate (12 in total).

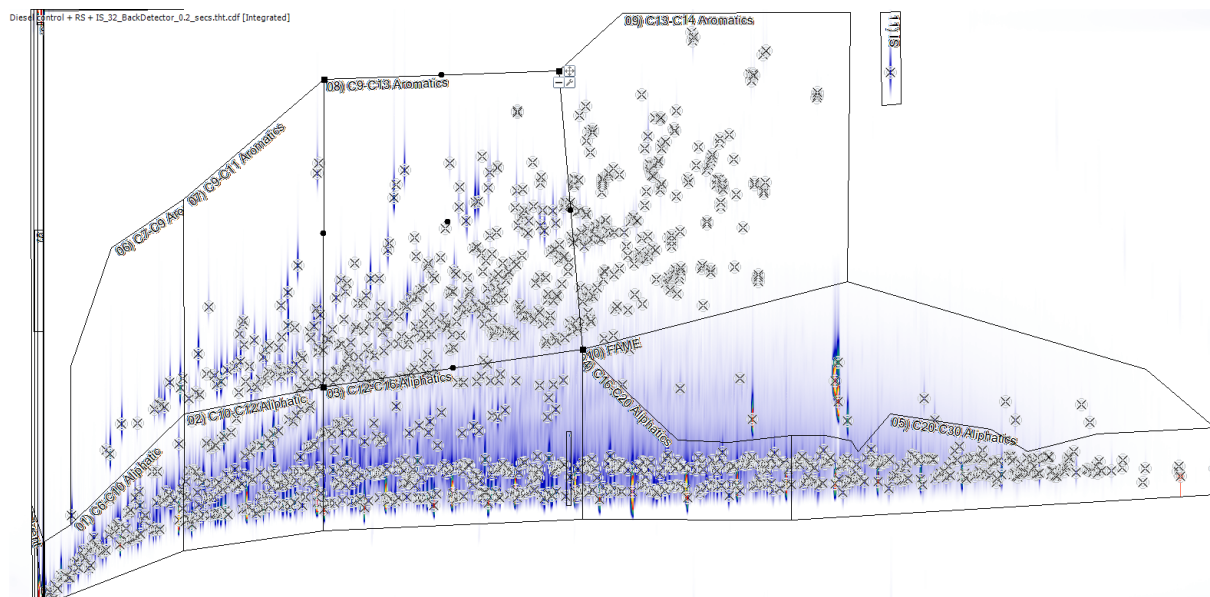


Figure 4: Peak spectrum overview and separation of the single peaks after a 2 h run per sample. 1D column (Rxi-5Sil MS) – 2D column (Rxi-17Sil MS), Modulation: 4.8 sec, Injection 2 μ l – Split 1/50.

Strains were exposed to 7000 mg/kg diesel and degradation was assessed after 10 days of incubation, and extraction with dichloromethane. We see that for *Pseudomonas fluorescens* RES11, total aliphatics decreased from 5.06×10^6 surface area to 1.23×10^5 , and to 4.21×10^5 for *Arthrobacter* sp. RES20. Also, the total aromatics concentrations decreased. By comparing the peak surface areas, you can also see from **Figure 5** which C-length compounds were degraded more compared to the untreated diesel.

Group untreated Diesel	Area	Area %	RES11	Area	Area %	RES20	Area	Area %
C6-C10 Aliphatic	5.08E+05	8.03%	C6-C10 Aliphatic	3.64E+04	26.59%	C6-C10 Aliphatic	9.35E+04	13.81%
C10-C12 Aliphatic	9.98E+05	15.78%	C10-C12 Aliphatic	2.20E+04	16.10%	C10-C12 Aliphatic	1.33E+05	19.58%
C12-C16 Aliphatics	1.67E+06	26.34%	C12-C16 Aliphatics	3.65E+04	26.69%	C12-C16 Aliphatics	2.00E+05	29.54%
C16-C20 Aliphatics	1.29E+06	20.40%	C16-C20 Aliphatics	2.29E+04	16.75%	C16-C20 Aliphatics	1.12E+05	16.59%
C20-C30 Aliphatics	5.93E+05	9.37%	C20-C30 Aliphatics	5.37E+03	3.92%	C20-C30 Aliphatics	3.09E+04	4.56%
C7-C9 Aromatics	8.26E+04	1.31%	C7-C9 Aromatics	7.21E+02	0.53%	C7-C9 Aromatics	8.09E+03	1.19%
C9-C11 Aromatics	2.43E+05	3.84%	C9-C11 Aromatics	1.67E+03	1.22%	C9-C11 Aromatics	2.45E+04	3.62%
C11-C13 Aromatics	3.19E+05	5.05%	C11-C13 Aromatics	8.50E+02	0.62%	C11-C13 Aromatics	2.12E+04	3.13%
C13-C14 Aromatics	3.12E+04	0.49%	C13-C14 Aromatics	0.00	0.00%	C13-C14 Aromatics	2.54E+02	0.04%
FAME	5.95E+05	9.40%	FAME	1.04E+04	7.58%	FAME	5.37E+04	7.92%
Total Aliphatics	5.06E+06	79.92%	Total Aliphatics	1.23E+05	90.05%	Total Aliphatics	5.70E+05	84.09%
Total Aromatics	6.76E+05	10.68%	Total Aromatics	3.24E+03	2.37%	Total Aromatics	5.41E+04	7.99%
Total	6.33E+06	100.00%	Total	1.37E+05	100.00%	Total	6.77E+05	100.00%

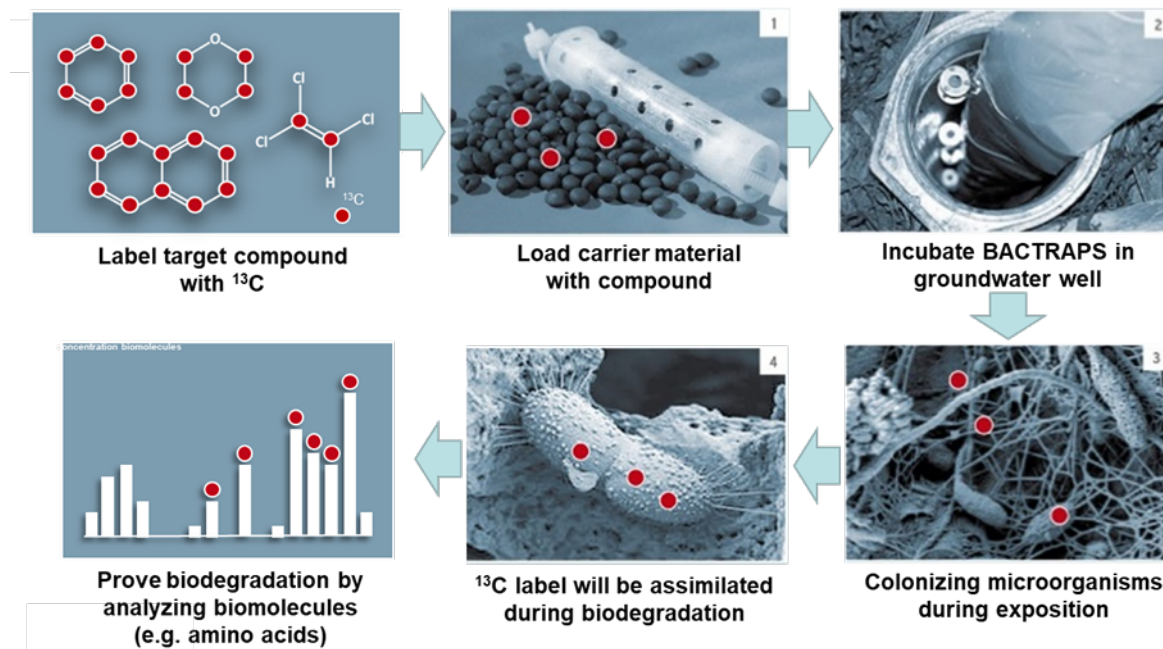
Figure 5: Results of the 2DGC analyses and diesel degradation assay for strain RES11 and RES20.

Sufficient uptake and degradation potential BACTRAPs



Figure 6: BACTRAP installation in the field in monitoring well

On July 28th, I installed 2 BACTRAPs (picture above) in wells 8107 and 8102, respectively. There was no pure phase in either of the wells which could hamper the results so this was good, and groundwater was at 194 cm (8107) and 179 cm (8102). The TRAPS were removed after 12 weeks on October 20th.



Principle of the system, the BACTRAPs contain a labelled target compound, in this case ^{13}C -naphthalene, spiked on carrier material in the tube. Then the BACTRAPs were installed in the groundwater well, and they get colonized by microorganisms. If all goes well, the ^{13}C label will be assimilated during biodegradation. This test can give more absolute proof of biodegradation (multi-

line-of-evidence) by analyzing the ¹³C label in biomolecules (amino acids, the building blocks of the organism's proteins) in this case.

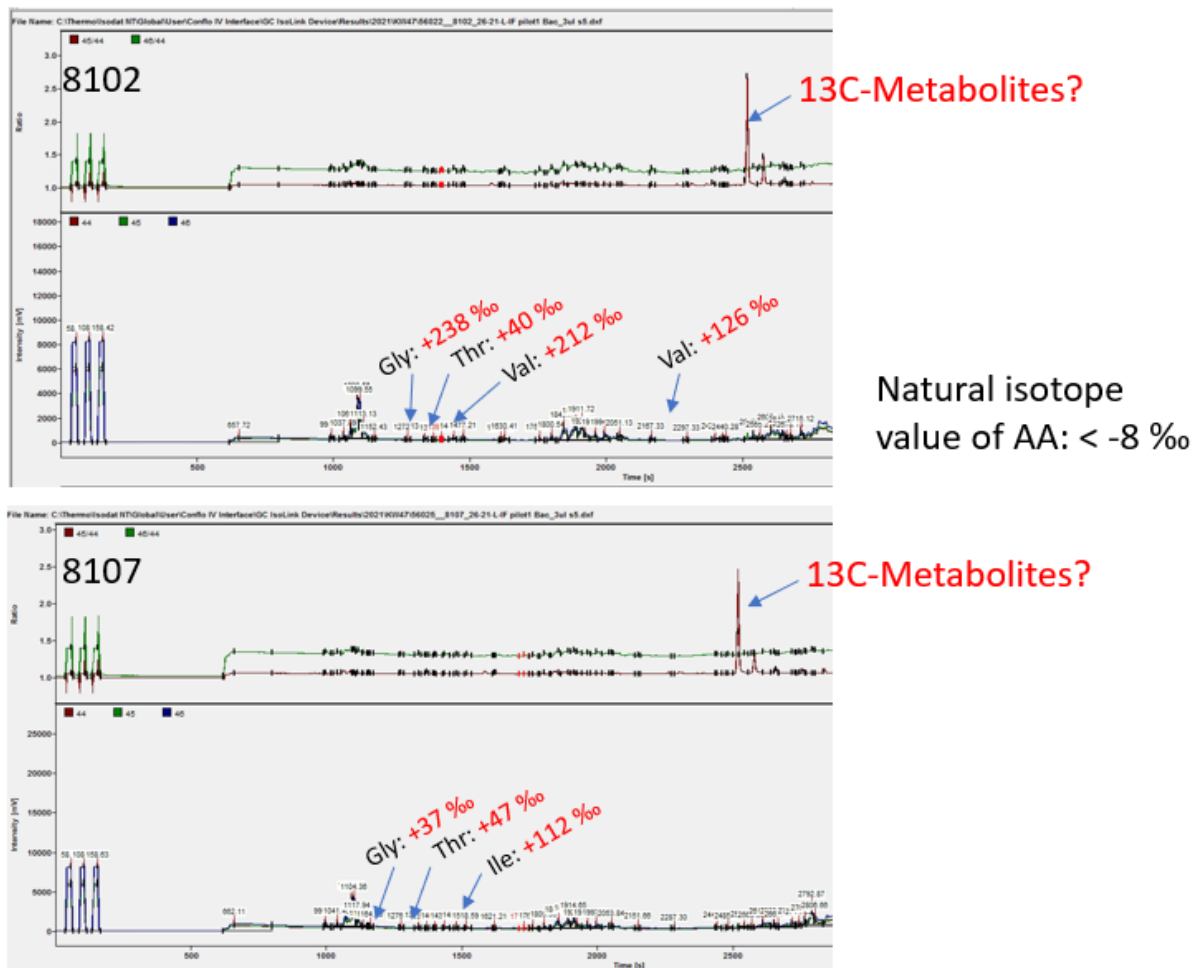


Figure 7: results BACTRAP with ¹³C naphthalene and incorporation into amino-acids.

In both wells, there was qualitative proof of complete mineralization of ¹³C naphthalene into amino acids, but there was only measured a very low biomass.

So, we have to conclude from this, and taken together the isolation of microbes and degradation tests, there are naphthalene and oil degrading bacteria present on the site, but their activity is very low, most likely they are inhibited by the super high concentrations of naphthalene, and/or the site redox conditions which vary significantly in depth.

Sufficient uptake and degradation potential: diagnostic ratio's and metabolite analyses

To assess the potential for microbial degradation, a metabolite analyses was performed. This analyses shows intermediate transformation products and differences in the ratio's between two compounds, decreasing or increasing, indicates the path towards degradation/mineralization.

Metabolite analyses was performed in wells 8109, 8101, which were reference wells because of their very high naphthalene concentrations, located on the right side of the terrain (8109) and left side (8101). Compared to these reference wells, samples were also collected in the 8103 and 8104 wells in the new plantation (young poplar trees) and 8106 and 8107 (mature, existing, adult trees). We see that the n-C17 alkane/pristane and n-C18-alkane/phytane diagnostic ratio's in the plantation zone are lower compared to the reference wells, hence a certain level of degradation is confirmed.

Table 3: Diagnostic ratio's outcomes

Diagnostic ratio (DR)	8101	8103	8104	8106	8107	8109
<i>n</i> -C ₁₇ -alkane/pristane ↓	7.6	n.d.*	n.d.*	n.d.*	n.d.*	13.7
<i>n</i> -C ₁₈ -alkane/phytane ↓	3.8	n.d.*	n.d.*	n.d.*	n.d.*	13.0
acenaphthene/fluorene ↑	2.2	3.8	1.2	1.8	3.0	0.8
naphthalene/(C ₂ -naphthalenes+C ₃ -naphthalenes) ↓	29.1	4.7	15.0	11.6	261.1	5.0
dibenzofurane/fluorene ↑	0.8	1.3	0.5	1.0	1.2	0.8
phenanthrene/anthracene ↓	14.5	0.2	6.7	14.5	3.6	9.7

Table 4: metabolites of various polluting compounds including naphthalene, via aerobic, anaerobic pathways.

Monitoring well	P8101	P8106
Metabolite	Ref	Adult tree + inoculated
Metabolites of aerobic BTEX biodegradation		
Catechol (1,2-dihydroxybenzene)	12,8	+
Methylcatechol (Dihydroxytoluene)	+ / -	4.0
Ethylcatechol	+ / -	nd
Benzyl alcohol	nd	nd
Metabolites of aerobic Naphthalene biodegradation		
1-Naphthol (1-Hydroxynaphthalene)	+	+
2-Naphthol (2-Hydroxynaphthalene)	9.1	11.7
1,2 or 2,3-Dihydroxynaphthalene	nd	nd
Metabolites of anaerobic BTEX biodegradation		
Benzylsuccinic acid	nd	nd
(1-phenylethyl)benzylsuccinic acid	nd	nd
(2 and/or 3 and/or 4)-Methylbenzylsuccinic acid	+ / -	+
Metabolites of anaerobic Naphthalene biodegradation		
(1 and/or 2)-Naphthoic acid	57.1	89.0
5,6,7,8-tetrahydro-2-Naphthoic Acid	+ / -	+ / -
Metabolites of anaerobic PAH biodegradation		
Naphthylmethylsuccinic acid	11.6	29.5
Phenanthrene-4-carboxylic acid or 9-Anthracencarboxylic acid	nd	nd
Flouren-9-carboxylic carboxylic acid	+ / -	nd
Acenaphthene- 5 and/or 3 -carboxylic acid	+ / -	+ / -
Metabolites of aerobic and anaerobic mono- and polycyclic aromatic hydrocarbon biodegradation		
Benzoic acid	17.1	1.4
(2 and/or 3 and/or 4)-Hydroxybenzoic acid	5.9	6.5
2,5-Dihydroxybenzoic acid (Gentisic acid)	nd	nd
3,4-Dihydroxybenzoic acid (Protocatechuic acid)	+ / -	+ / -
o/m/p-Toluic acid (methylbenzoic acid)	11.9	+
Carboxybenzaldehyde	nd	nd
Phenol (probably co-contamination)	0.9	0.3
o/m/p-Cresol (probably co-contamination)	9.5	6.3
Metabolites of anaerobic alkane biodegradation		
Alkylsuccinic acids	nd	+ / -

For metabolites it is possible to compare well 8106 with 8101. In green are marked the columns with a higher level of metabolites, compared to the ref, to see if there is more accumulation of intermediates, hence indicating degradation. Not for all compounds and pathways, the values are increasing in adult tree, inoculated well vs the control, but at least indicates that some natural attenuation is taking place.

2.3 qPCR for EUB and naphthalene dioxygenase for Zijdelings Vaartje

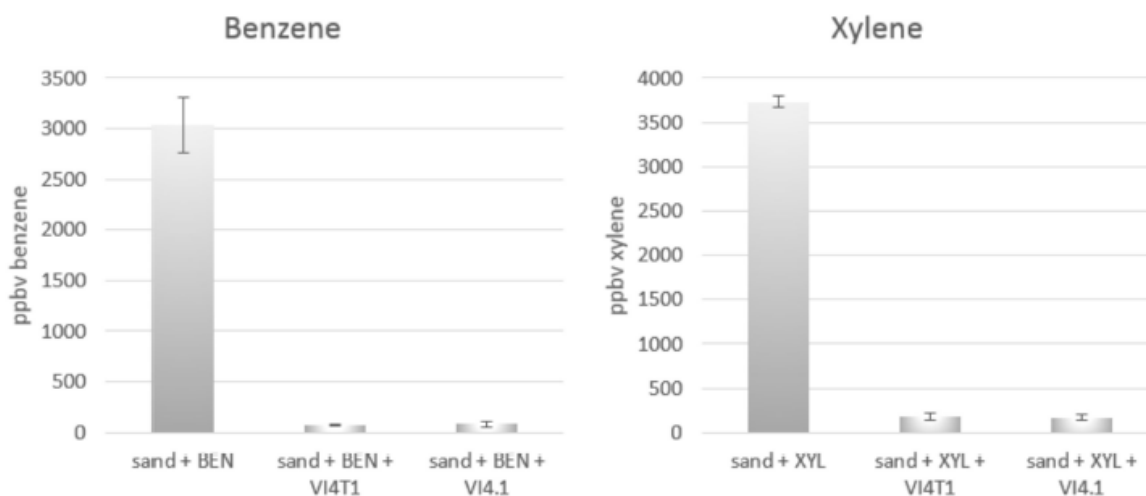
The soil samples from Zijdelingsvaartje were sampled on 16/6/2022 and followed by DNA-extractions and qPCR analyses at UHasselt. No hits with the naphthalene dioxygenase gene were found, though there are bacteria present, because the EUB-primer did record 7×10^9 to 1×10^{11} copies/g soil. Highest number of microbes was found at sampling point 7103.

Table 5: DNA concentrations and qPCR results for EUB.

Sample	Date	Qubit DNA conc. (ng/ μ l)	qPCR EUB copies/g
7112	16/06/2022	TOO LOW <50	7,92E+09
7112	16/06/2022	2,08	2,25E+10
7113	16/06/2022	1,20	6,75E+10
7113	16/06/2022	1,28	7,92E+09
7106	16/06/2022	1,89	1,25E+10
7106	16/06/2022	1,88	4,21E+09
7103	16/06/2022	1,59	1,13E+11
7103	16/06/2022	1,98	1,58E+11

2.4 Efficiency inoculated strains, Zijdelingsvaartje.

The strains VI4.1 and RES11, same as for pilot 1, were inoculated in the zone of sampling point b7108 to b7115. The zone from b7101 to b7107 was not inoculated. To test the efficiency before releasing it into the environment, their degradation was assessed. Besides naphthalene they were tested also for degradation of benzene, xylene and toluene.



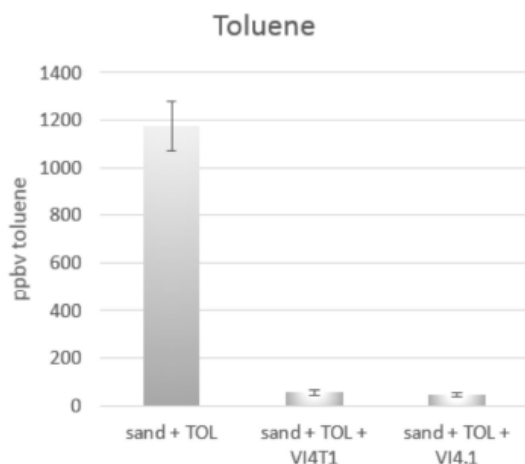



Figure 8: Degradation of BTEX compounds by VI4.1

2.5 Evaluation of degradation potential via diagnostic ratio's and metabolite analyses

Same as for pilot 1, the best way to assess the potential for degradation of heavy PAH compounds is to evaluate diagnostic ratio's and metabolites formed as explained below. Biodegradation significantly leads to characteristic changes in the hydrocarbon composition. For example, homologous n-alkanes are preferably biodegraded than branched alkanes (isoprenoids) as well as non-substituted polyaromatic hydrocarbons (PAH) than alkylated PAH (C1-; C2-; C3-PAH).

Fuel Type	Level of Biodegradation	Chemical Composition
Gasoline Diesel Bunker C fuel	1	Abundant n-alkanes
	2	Light-end n-alkanes removed
	3	Middle range n-alkanes, olefins, benzene & toluene removed
	4	More than 90% of n-alkanes removed
	5	Alkylcyclohexanes & alkylbenzenes removed Isoprenoids & C ₀ -naphthalene reduced
	6	Isoprenoids, C ₁ -naphthalenes, benzothiophene & alkylbenzothiophenes removed C ₂ -naphthalenes selectively reduced
	7	Phenanthrenes, dibenzothiophenes and other polynuclear aromatic hydrocarbons reduced
	8	Tricyclic terpanes enriched Regular steranes selectively removed C ₃₁ to C ₃₅ -homohopanes reduced
	9	Tricyclic terpanes, diasteranes & aromatic steranes abundant



 Increasing level of biodegradation

Figure 9: Change in the hydrocarbon profiles

The analyses of the DR and metabolites revealed that all samples showed a similar hydrocarbon pattern confirming the same source of contamination. This pattern was strongly characterized by PAHs. Due to the high fraction of non-substituted compared to alkylated PAHs, the evaluation of microorganism-assisted phytoremediation was limited. However, indications of naphthalene degradation was shown by GC/MS-screenings at b7106 (without inoculation of microorganisms) and b7113 (with inoculation of microorganisms). Because this was observed across the inoculation, no direct effect of the inoculated microorganisms could be indicated.

2.6 Conclusion Zijdelings vaartje

It seems that the concentrations of pollutants are still too high for microorganism-assisted phytoremediation to take place effectively. A combination of classical treatments to take away the high load of pollution first is needed. This is highly challenging because of the site characteristics, but perhaps groundwater can be raised and then the pollutants sorped or DNAPL taken away via passive sorption. This was successful at a very similar pollution case in Amersfoort, Netherlands. The researchers installed sufficient vertical filters, and allowed sufficient time to remove DNAPL's at not a high cost (info.remediation.iws.nl@suez.com; https://www.linkedin.com/posts/suezremediationnederland_suezremediation-bodemsanering-soilremediation-ugcPost-6762371324158574592-qzSj/).

2.7 qPCR for EUB and alkB for the phytopiles



2B (no aeration, no toplayer, and tall phytopile: control of 2A)

2B-1	1	AE
2B-2	2	Mistral coat
2B-3	3	Mistral coat
2B-4	4	Mistral
2B-5	5	Mistral
2B-6	6	FA

2A (aeration + inoculation, tall phytopile)

2A-1	7	LP+i
2A-2	8	Grandslam+i
2A-3	9	Mistral/FB+i
2A-4	10	Mistral coat+i
2A-5	11	Mistral coat/agr. Coat+i
2A-6	12	FA+i

1D (no aeration, low phytopile: control of 1B)

1D-1	13	FA
1D-2	14	Agr
1D-3	15	Mistral
1D-4	16	LP

1B (aeration + inoculation + biosurfactant, low phytopile)

1B-1	17	LP+i
1B-2	18	Mistral+i
1B-3	19	Agr+i
1B-4	20	FA+i

1C (aeration, low phytopile: control of 1A)

1C-1	21	Agr
1C-2	22	Agr coat
1C-3	23	Mistral coat
1C-4	24	Mistral

1A (aeration + inoculation + *Meiliotus*, low phytopile)

1A-1	25	Agr+i+M
1A-2	26	Agr coat+i+M
1A-3	27	Mistral coat+i+M
1A-4	28	Mistral+i+M

Figure 10: Picture and scheme of the phytopiles (09/2020). *Arrhenatherum elatius* (AE): Frans raaigras. *Lolium perenne* (LP): Engels raaigras. *Festuca arundinacea* (FA): rietzwenkgras. Mistral, Agreement (Agr), Grandslam: varieties of *Lolium perenne*. I = inoculated. Coat = seed-coated.

The first batch of samples during monitoring collected on 16/6/2022, revealed a sufficient DNA-concentration (**Table 5**), but the qPCR analyses did not pick up many microbes (EUBacteria), and Alkane Monooxygenase B (n-alkane degradation gene). This is caused by PCR-inhibitors because of the high humus content of the piles, combined with high levels of pollution and low DNA-concentrations. The results are currently being repeated with more DNA dilutions.

Inoculation occurred for the large phytopile 2A, and two small phytopiles 1B and 1A, with the same 2-member consortium as for pilot 1 and 2. **The strains were inoculated on??** Because of the inhibitor problem, we cannot get assess the efficiency of the inoculation.

Table 5: DNA concentrations and qPCR results for EUB and AlkB

Sample	Date	Qubit DNA conc. (ng/μl)	qPCR EUB copies/g soil	qPCR AlkB copies/g soil
7A7B_1	16/06/2022	7,10	7,66E+11	1,23E+12
7A7B_2	16/06/2022	5,72		
8A8B_2	16/06/2022	8,78	7,08E+11	7,21E+11
8A8B_3	16/06/2022	6,08		
9A9B_1	16/06/2022	7,30		
9A9B_2	16/06/2022	6,39		
10A10B_1	16/06/2022	8,04		
10A10B_2	16/06/2022	7,29		
11ABC_1	16/06/2022	13,00	8,76E+11	
11ABC_2	16/06/2022	8,53	1,09E+12	
12_1	16/06/2022	5,80		
12_2	16/06/2022	7,53		
5A_1	16/06/2022	6,82		
5A_2	16/06/2022	12,60		
6ABC_1	16/06/2022	8,79		
6ABC_2	16/06/2022	9,84		
4AB_1	16/06/2022	4,47	2,07E+07	
4AB_2	16/06/2022	8,47		
3AB_1	16/06/2022	6,79		
3AB_2	16/06/2022	1,03		
1AB_1	16/06/2022	9,78		
1AB_2	16/06/2022	5,26		
2AC_1	16/06/2022	7,84		
2AC_2	16/06/2022	8,49		

2.8 Follow-up of grass growth, and oil degradation



Figure 10: Evolution of grass growth. The pictures show the germination on 11/2020, followed by a picture of the grass coverage on 30/04/2021, the roots were > 18 cm and *Melilotus alba* was present.

Pile 2B which has no aeration, and no top layer and is tall, has the most oil (06/'21), indicating that aeration tubes (2A) enhances oil concentration dissipation (via degradation or volatilization). Making small piles seems overall really good, as the 1-series compared to 2-series has on average lower oil concentrations. 1 B and 1A contain less PAKs, than 1D, 1B, and 2B, 2A, it's very heterogenous.

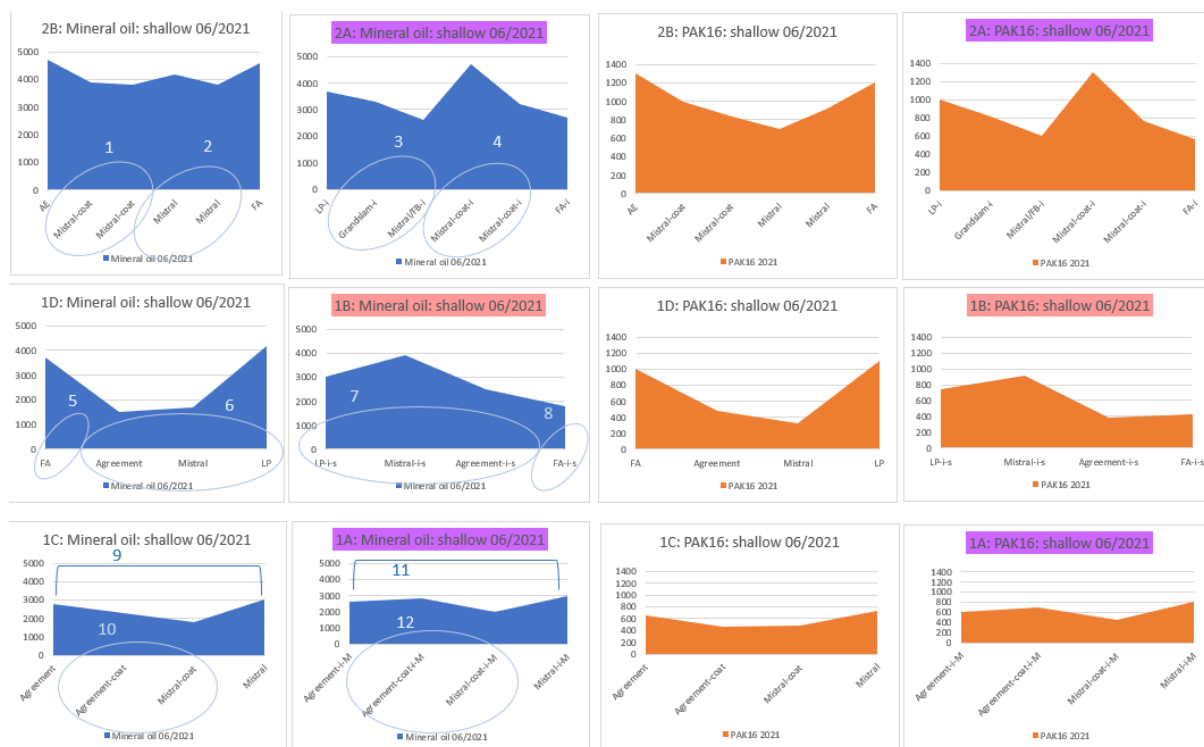


Figure 11: Time 0, shallow mineral oil (left) and PAK16 (right) concentrations.

The new soil oil concentration analyses need to be included, and also the results from the diagnostic ratio's analyses.

The conclusion from the DR analyses is that there are indications for degradation of pyrene+fluoranthene. There was a decrease of pyrene/fluoranthene in comparison to phenanthrene/anthracene. Such a possible degradation effect was confirmed by the DR of $(\text{pyrene} + \text{fluoranthene}) / (\text{C2-pyrene} + \text{C2-fluoranthene})$, indicating an unexpected, more pronounced degradation of pyrene/fluoranthene. There is a general trend that microbial persistence of PAHs increases with increasing number of aromatic rings and alkylation. A more pronounced degradation of pyrene/fluoranthene compared to anthracene/phenanthrene would contradict this, however, specially adapted conditions for degradation of pyrene/fluoranthene would be possible. With the qPCR assay we couldn't pick up specific adapted bacterial strains due to the heavy load of PCR inhibitors (pollution + compost, high organic matter).

An insight via DNA shotgun metagenomics rather than qPCR can give a clue as to why heavy chain PAHs were still decreasing in the piles here. Due to the high amount of PAHs however the observed degradation effect is only marginal. The bioavailability of the PAHs may be a limit to its biological degradation because of sorption to the organic matter. Therefore we should use nano-particles, or surfactants, to enhance access of the microbes to the heavy PAH rings before pursuing further DR or DNA analyses.

2.9 Overall conclusion

The monitoring analyses confirms the feasibility study in that PAH-degrading microorganisms are present (via qPCR and DNA-sequencing analyses), and can metabolise naphthalene, strongest evidence via the accumulation of ^{13}C -naphthalene in aminoacids at pilot site 1!

However, all measurements of DR and metabolite data indicate only very low levels of biodegradation or microbe-assisted phytoremediation effect, so the microbes are there but not very active. Hence the conclusion is that pollution levels are still too high for microbes to function optimally, nutrients are lacking, or new pollution is coming in masking the effect of DR analyses.

Therefore, for pilot 1, and 2, we suggest a combination of active removal of DNAPL first (e.g. example of Amersfoort) using passive sorption, or making the pollutants more bioavailable (phytopiles). Second, redox conditions, nutrients can be supplied to stimulate *in situ* biodegradation in the root zone, but also stimulation of anaerobes should be explored, e.g. sulfate-reducing bacteria by electron donors/receptors to speed up degradation in deeper groundwater layers.

Lastly, the newly planted trees at pilot 1 don't tap yet into the polluted groundwater or soil presumably (root cores should be taken to assess root depth since plantation in 2020), which makes it very hard to observe any phytoremediation effect, unless indirect.

So we suggest that this project needs to be continuously monitored including passive removal of DNAPL and phytoremediation, also starting from the middle part of the terrain at Carcokes, Resanat with more tree plantations ('forest') to increase the pump capacity.



Evaluation of pollutant biodegradation at the Resanat site of a former Carcoke coking plant in Zeebrugge (Belgium)

Pilotzone 1

Ordering party:	Witteveen + Bos Gorislaan 49 1820 Steenokkerzeel Belgium Hasselt University Center for Environmental Sciences Agoralaan Building D 3590 Diepenbeek Belgium
Contact person:	Filip Sanders (Witteveen + Bos) Phone: +32 476 850 222; Mail: filip.sanders@witteveenbos.com Dr. Sofie Thijs (Hasselt University) Phone: +32 11 26 82 25; Mail: sofie.thijs@uhasselt.be Dirk Dubin (Bio2clean) Phone: +32 495 99 71 14; Mail: dirk@bio2clean.com
Contractor:	Isodetect GmbH Deutscher Platz 5b 04103 Leipzig Germany
Person in charge:	Dr. Kevin Kuntze Phone: +49 341 35535851; Mail: kuntze@isodetect.de Dr. Anko Fischer Phone: +49 341 35535855; Mail: fischer@isodetect.de
Sampling period:	June 2021 – July 2022
Field site:	Resanat – pilot 1
Project number:	26-21-L-IF



Scope on analysis: 36 GC/MS-screening
9 Metabolite analysis
2 BACTRAP analysis

Report volume: 30 Pages
18 Figures
2 Tables
2 Appendix (38 pages)

Leipzig, 30th of September 2022

.....
Dr. Kevin Kuntze

.....
Dr. Anko Fischer



Table of Contents

1	Purpose and scope of analysis.....	2
2	Methodology.....	2
2.1	Basics of methods.....	2
2.1.1	GC/MS-screening.....	2
2.1.2	Metabolite analysis	3
2.1.3	BACTRAP®	3
2.2	Sampling	4
2.3	Procedure of applied methods.....	4
2.3.1	GC/MS-Screening	4
2.3.2	Metabolite analysis	4
2.3.3	BACTRAP.....	5
3	Results and data interpretation.....	8
3.1	GC/MS-screening.....	8
3.1.1	Distribution pattern of hydrocarbons (total ion chromatograms)	8
3.1.2	Mass fragments specific analyses (single ion mode)	9
3.1.3	Diagnostic ratios.....	13
3.2	Metabolite analysis.....	27
3.3	BACTRAP® analysis	28
4	Summary and outlook.....	29
5	References	30
	Appendix.....	I
A	Estimated PAH concentration by the GC/MS-screening	I
	Identification of peaks detected by GC/MS-screening using mass-spectra comparison with the NIST data base.....	II

1 Purpose and scope of analysis

A substantial soil and groundwater contamination by coking plant residues (CPR) is present at the former Carcoke site in Zeebrugge (Belgium). This site is part of the Interreg project RESANAT (REst pollution SANtering with NATURE-based Techniques), in which new nature-based techniques are tested to clean-up contaminated sites. The aim at the pilotzone 1 was to remediate the residual contamination present in this zone and to control its risks. The mechanism behind the remediation was microorganism-assisted phytodegradation and phytostabilisation. This was done through the planting of poplars, willows and grass species combined with the inoculation of microorganisms, as well as through existing vegetation. In order to evaluate CPR biodegradation mainly for polyaromatic hydrocarbons (PAH) and secondarily for aliphatic hydrocarbons (AH) a set of different monitoring tools should be applied.

For this, Hasselt University and Witteveen + Bos entrusted Isodetect GmbH (Deutscher Platz 5b, 04103 Leipzig, Germany) with a multiple line of evidence approach (MLEA) based on:

- i) GC/MS-screening
- ii) Metabolite analysis
- iii) BACTRAP analysis (¹³C-Naphthalene)

2 Methodology

2.1 Basics of methods

2.1.1 GC/MS-screening

Besides physical weathering processes (e.g. evaporation of volatile compounds into soil air or atmosphere, wash-out of water-soluble substances by rain and/or groundwater), biodegradation significantly leads to characteristic changes in the hydrocarbon composition.

For example, homologous *n*-alkanes are preferably biodegraded than branched alkanes (isoprenoids) as well as non-alkylated polyaromatic hydrocarbons (PAH) than alkylated PAH (C₁-; C₂-; C₃-PAH) (Fig. 1) (1,2).

The various biodegradability of substance classes or specific compounds provides the potential for evaluating the hydrocarbon biodegradation. Gas chromatography–mass spectrometry (GC/MS) is an analytical method that combines the features of gas-chromatography and mass spectrometry and allows the identification of different compounds or substance classes within a test sample. Thus, it is possible to determine distribution pattern for various hydrocarbons with different affinities of biodegradability. More specifically, diagnostic ratios (DR) can be determined, which provide indication for hydrocarbon biodegradation. For example, the ratios of adjacent peaks from *n*- and *iso*-alkanes like *n*-heptadecan (C₁₇) and pristane (pr) as well as *n*-octadecane (C₁₈) and phytane (phy) are applied for evaluating the degree of degradation for hydrocarbon products.

Besides DR based on aliphatic hydrocarbons, diagnostic ratios of PAH are well established for evaluating their biodegradation.

Fuel Type	Level of Biodegradation	Chemical Composition	
Gasoline Diesel Bunker C fuel	1	Abundant n-alkanes	Increasing level of biodegradation
	2	Light-end n-alkanes removed	
	3	Middle range n-alkanes, olefins, benzene & toluene removed	
	4	More than 90% of n-alkanes removed	
	5	Alkylcyclohexanes & alkylbenzenes removed Isoprenoids & C ₀ -naphthalene reduced	
	6	Isoprenoids, C ₁ -naphthalenes, benzothiophene & alkylbenzothiophenes removed C ₂ -naphthalenes selectively reduced	
	7	Phenanthrenes, dibenzothiophenes and other polynuclear aromatic hydrocarbons reduced	
	8	Tricyclic terpanes enriched Regular steranes selectively removed C ₃₁ to C ₃₅ -homohopanes reduced	
	9	Tricyclic terpanes, diasteranes & aromatic steranes abundant	

Figure 1 Change in the hydrocarbon composition of refinery products due to biodegradation (modified from 2).

2.1.2 Metabolite analysis

The detection of intermediate compounds formed by microbial degradation of contaminants can be used as evidence for *in situ* biodegradation. These metabolites have to fulfill several properties to serve as an appropriate indicator for *in situ* biodegradation, including i) unequivocal and unique biochemical relationship to the parent substrate; ii) release from the microbial cell to the extracellular medium; iii) water solubility; iv) no natural, commercial, or industrial sources; v) biological and chemical stability; and vi) generation as an intermediate of mineralization rather than as a product of co-metabolism (3). Ideally, the metabolite can be related to the microbial degradation of only one compound, but there is also a range of intermediates indicative for the degradation of a certain group of compounds. For example, 2-naphthoic acid is reported to be a suitable metabolic indicator for identifying anaerobic degradation of naphthalene and 2-methylnaphthalene (4). Naphtyl-2-methylsuccinate is a specific metabolite for the 2-methylnaphthalene degradation but could also be detected in some naphthalene-grown cultures (5). For aerobic naphthalene degradation, naphthol and dihydroxynaphthalene are metabolites of the initial reaction mechanism (6).

2.1.3 BACTRAP®

BACTRAPs are *in situ* microcosms loaded with a ¹³C-labeled contaminant to sensitively prove its biodegradation directly at a polluted site (7). During exposure in a groundwater well, the

microcosms are colonized by microorganisms. If microorganisms degrade the ¹³C-labeled compound, the ¹³C-label will be transformed into the biomass and can be traced within biomolecules (e.g. fatty acids, amino acids). An accumulation of ¹³C in the biomolecules (by compound-specific stable isotope analysis - CSIA) provides a highly sensitive and clear evidence for *in situ* biodegradation of the target contaminant. The comparison of ¹³C accumulation in the biomolecules at different areas of the plume allows a relative quantification of local degradation intensities.

2.2 Sampling

Groundwater (GW) samples were taken by Witteveen + Bos according to a sampling protocol provided by Isodetect. In total 9 piezometers (8101 – 8109) were investigated (Fig. 2). The sampled piezometers are located in the upper part of the aquifer with installation depths of 3-4 m bgl (below ground level). At 8101, 8104 and 8106, samples were taken during 6 sampling campaigns between June 2021 and July 2022 (6x GC/MS-screening; 3 x metabolite analysis, Tab. 1). At 8102, 8103, 8105, 8107, 8108 and 8109, samples were taken during 3 sampling campaigns between July 2021 and July 2022. For GC/MS-screening, samples were fixed by the addition of NaOH (pH>12) and sent to Isodetect. Samples for metabolite analysis were kept under cooled conditions and directly sent to Isodetect.

2.3 Procedure of applied methods

2.3.1 GC/MS-Screening

For GC/MS-screening, GW samples were extracted with *n*-pentane. For verification, internal standards (d₈-naphthalene, d₁₀-acenaphthene, 1-Chlorooctanol) were added to the samples prior to extraction. The extracts were injected in a gas chromatograph (GC) coupled with a quadropole mass spectrometer (qMS). The separation of the hydrocarbon mixture was achieved by a validated in-house procedure. Target substance classes or compounds were identified by comparison of retention times with external standards and of mass spectra with those of the NIST08 data base. In order to determine hydrocarbon distribution pattern and DR, mass spectra were ascertained for substance- and compound-class-specific mass fragments.

2.3.2 Metabolite analysis

The metabolite extraction, derivatisation and subsequent analysis using GC-MS were carried out using an in-house procedure based on the protocols according to literature (8,9). The metabolites were identified by comparing mass spectra and retention times with those of laboratory metabolite standards. The concentrations of the metabolites were determined using internal standards.

In order to check whether contamination of the corresponding analytes occurred during sample preparation, a control mixture with distilled water was extracted and derivatized in the same way as the samples. The GC-MS analysis of this approach showed that the sample processing did not lead to any contamination with the putative metabolites.

2.3.3 BACTRAP

To detect microbial *in situ* PAH degradation, BACTRAP[®] systems were loaded with ¹³C-labeled naphthalene ([¹³C₆]-naphthalene). The BACTRAPs were installed in selected monitoring wells 8102 and 8107 in the upper filter depth on July 27th 2021 by Dr. Sofie Thijs (Hasselt University) according to an installation protocol provided by Isodetect (Fig. 3). After 84 days of incubation, the BACTRAPs were removed on October 20th 2021 by Dr. Sofie Thijs (Hasselt University) according to a protocol provided by Isodetect. Immediately after removal, the BACTRAPs were transferred into sterile plastic tubes and on dry ice to prevent further biological activity. The BACTRAPs were transported to Isodetect GmbH and stored at -20 °C until further processing.

In situ PAH degradation was assessed by the incorporation of ¹³C-carbon into the microbial biomass. Amino acids, which are the basic building blocks of proteins, were investigated as components of the microbial biomass. The extraction of amino acids from BACTRAPs followed protocols described in the literature (10). A GC/MS was used to identify and quantify the amino acids. Amino acids were identified based on the recorded mass spectra and by comparing retention times with an amino acid standard mixture. To determine amino acid concentrations, two internal standards were added to each sample at the beginning of the extraction.

Carbon isotope analysis of amino acids was performed by gas chromatography/combustion/isotope-ratio mass spectrometry (GC-C-IRMS). The determined carbon isotope signatures are given in δ -notation [‰] relative to the international V-PDB standard (Vienna-PeeDee belemnite with ¹³C/¹²C = 0.0111802) (Eq.1) (11,12):

$$\delta^{13}C[\text{‰}] = \left(\frac{R_{\text{sample}} - R_{\text{standard}}}{R_{\text{standard}}} \right) \quad (\text{Eq.1})$$

All samples were analyzed at least three times. The determined isotopic signatures were corrected for the carbon isotopic signatures introduced during derivatization (10). The total carbon contents of the amino acids were obtained by considering the proportions of carbon in the corresponding amino acids. The ¹³C carbon content of each amino acid was determined from the percentage of ¹³C carbon in each amino acid and the respective total carbon content of the amino acid. By summing the ¹³C-carbon contents of the amino acids of a BACTRAP, the total ¹³C-carbon content in the amino acids was obtained.


Table 1 Sample list and campaigns for GC/MS-screening, metabolite analysis and BACTRAP study.

Well	planting/activity	location	sampling campaign		GC/MS-Screening	Metabolite Analysis	BACTRAP®
8101	Young trees, no inoculation, control	South of the road	1 st	15.06.-17.06.2021	x	x	
			2 nd	28.07.-29.07.2021	x		
			3 rd	06.09.-08.09.2021	X	x	
			4 th	29.10.2021	X		
			5 th	09.02.-10.02.2022	X		
			6 th	13.07.-25.07.2022	X	x	
8102	Young trees, no inoculation, control	South of the road	1 st	28.07.-29.07.2021	X		x
			2 nd	09.02.-10.02.2022	X		
			3 rd	13.07.-25.07.2022	X		
8103	new poplars, no inoculation	South of the road	1 st	28.07.-29.07.2021	X		
			2 nd	09.02.-10.02.2022	X		
			3 rd	13.07.-25.07.2022	X		
8104	New poplars, no inoculation	South of the road	1 st	15.06.-17.06.2021	X	x	
			2 nd	28.07.-29.07.2021	X		
			3 rd	06.09.-08.09.2021	X	x	
			4 th	29.10.2021	X		
			5 th	09.02.-10.02.2022	X		
			6 th	13.07.-25.07.2022	X	x	
8105	New poplars, <u>with inoculation</u>	South of the road	1 st	28.07.-29.07.2021	X		
			2 nd	09.02.-10.02.2022	X		
			3 rd	13.07.-25.07.2022	X		
8106	Mature poplar, willow, <u>with inoculation</u>	North of the road	1 st	15.06.-17.06.2021	X	x	
			2 nd	28.07.-29.07.2021	X		
			3 rd	06.09.-08.09.2021	X	x	
			4 th	29.10.2021	X		
			5 th	09.02.-10.02.2022	X		
			6 th	13.07.-25.07.2022	X	x	
8107	Mature poplar, willow, <u>with inoculation</u>	North of the road	1 st	28.07.-29.07.2021	X		x
			2 nd	09.02.-10.02.2022	X		
			3 rd	13.07.-25.07.2022	X		
8108	Mature poplar, willow, no inoculation	North of the road	1 st	28.07.-29.07.2021	X		
			2 nd	09.02.-10.02.2022	X		
			3 rd	13.07.-25.07.2022	X		
8109	Mature poplar, willow, no inoculation	North of the road	1 st	28.07.-29.07.2021	X		
			2 nd	09.02.-10.02.2022	X		
			3 rd	13.07.-25.07.2022	x		

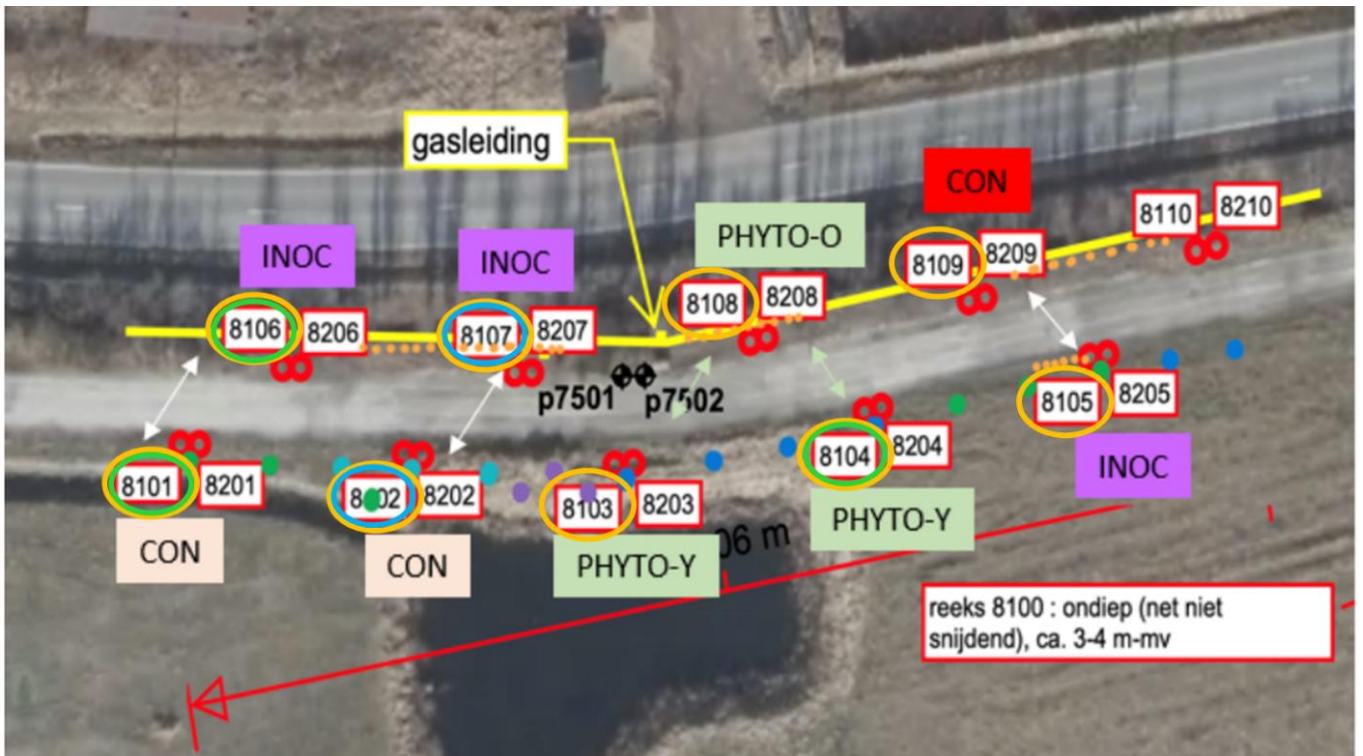


Figure 2 Locations of investigated sampling points for GC/MS-screening (orange circles), metabolite analysis (green circle) as well as BACTRAP investigation (blue circles) at the Resanat pilot 1 site in Zeebrugge (Belgium). [Map provided by Hasselt University]



Figure 3 Installation of BACTRAPs at well 8102 (in picture) and 8107.

3 Results and data interpretation

The scope of the applied remediation was microorganism-assisted phytodegradation and phytostabilisation. This was carried out by a new plantation event and already existing vegetation combined with inoculation of microorganisms (*Pseudomonas* RES10 isolated from the Resanat site and *Pseudomonas* VI4.1; information provided by Hasselt University). New poplars were planted in the zone around monitoring well 8103, 8104 and 8105 (Fig. 2). At 8105, 8106 and 8107, an inoculation of the microbial consortium took place on 25th of June 2021. At 8101, 8102, 8107, 8108 and 8109, mature poplars and willows were already present.

3.1 GC/MS-screening

3.1.1 Distribution pattern of hydrocarbons (total ion chromatograms)

At 8105, 8106 and 8107, microbial inoculations for stimulating pollutant biodegradation took place in June 2021. Another biostimulating effect at those piezometers can be caused by adult poplar trees and shrubs underneath as well as the planting of new poplars (8105). A phytoremediation effect is expected at 8103, 8104 and 8108 by planting of new poplars and existing poplars and willows. Although biostimulating effects might be relevant due to the given vegetation, 8101 and 8102 served as a control for the biostimulation/phytoremediation concept. At 8109, pollutant biodegradation could probably be inhibited because of the presence of pure pollutant phase (NAPL – Non-aqueous phase liquid) at the 1st sampling campaign.

At 8101, 8104 and 8106, samples were taken at 6 sampling campaigns between June 2021 and July 2022 (Tab. 1). The total ion chromatograms (TICs) of the samples of the respective sampling campaign are illustrated in Figure 3. At 8102, 8103, 8105, 8107, 8108 and 8109, samples were taken during 3 sampling campaigns between July 2021 and July 2022 (Tab. 1). TICs are illustrated in Figure 4. The estimated concentrations of selected PAHs are shown in Appendix A (note: this internal calculation only served to provide an approximate estimate of the concentrations).

The TICs of all samples illustrate a relatively similar hydrocarbon pattern in the range of C₁₀ to C₂₅ hydrocarbons (C_n with n = number of carbon atoms) at the 1st sampling campaign. Piezometer 8103, 8104 and 8109 exhibits a slightly higher hydrocarbon complexity, indicating a lower degree of weathering in comparison to the other investigated sampling points. For all samples, the majority of hydrocarbons are polyaromatic hydrocarbons (Appendix B), especially naphthalene and acenaphthene. Only a minor fraction belongs to monoaromatic compounds (polyalkylated benzenes). Branched and *n*-alkanes were detected only in traces at 8109 at the 1st sampling campaign.

At 8101 and 8102 (controls, Fig. 4 and Fig. 5), the hydrocarbon pattern did not change within the time of investigation, indicating no increasing phytoremediation effect by the already existing vegetation. This was confirmed by the estimated concentration range of selected PAHs (Appendix A). The TIC of 8103 (phytoremediation without microbial inoculation) did not change within the time of investigation, indicating no increasing phytoremediation effect by the already existing vegetation. However, compared to the other piezometers, the significantly lower fraction of naphthalene compared to acenaphthene and the generally significantly lower PAH contamination at 8103 are striking (Appendix A). In comparison to a

GC/MS-screening conducted in 2020 (13), the contamination load is reduced. This can be attributed either to a progressed weathering at this piezometer or to dilution effects. The TIC of 8104 illustrates a higher complexity of the hydrocarbon pattern for the 1st sampling campaign in comparison to the following campaigns. Therefore, a progressed weathering is indicated within the timeframe of investigation, which can be attributed to a potential phytoremediation effect. This observation is confirmed by a reduced contaminant load at the 5th and 6th sampling campaign (Appendix A). Compared to the other piezometers, the TIC of 8105 illustrates a significantly lower contaminant load, especially by naphthalene and acenaphthene, confirmed by the estimated concentrations of selected PAHs (Appendix A). The TICs of piezometer 8105, 8106 and 8107 (phytoremediation with inoculation) did not significantly change over the time of investigation (Fig. 4 & 5), indicating a limited microorganism-assisted phytoremediation effect. In comparison to the other piezometers the TIC of 8108 illustrate a significant lower load of contamination, confirmed by the estimated concentration of selected PAHs (Appendix A). However, the TIC of 8108 did not change within the time of investigation. The TIC of 8109 exhibits the highest hydrocarbon complexity at the 1st sampling campaign, indicating its location in the vicinity of a contaminant source. At this time point, NAPL was observed during sampling. During the 2nd and 3rd sampling campaign, the complexity was reduced, however, the TIC is characterized by a high fraction of naphthalene, which was confirmed by the estimated concentration of selected PAHs (Appendix A). It can be assumed that naphthalene has increasingly dissolved in the groundwater due to the higher solubility in comparison to >2-ring PAHs.

3.1.2 Mass fragments specific analyses (single ion mode)

In order to evaluate biodegradation, distribution patterns of hydrocarbons with varying biodegradability were plotted for the investigated piezometers (Fig. 5). The following compound classes with specific mass fragments and increasing microbial persistence (i to vi) were taken into account for evaluating biodegradation:

- i) *n*-alkanes: $m/z - 85$
- ii) C₂-alkylbenzenes: $m/z - 106$
- iii) C₃-alkylbenzenes: $m/z - 105$
- iv) isoprenoides: $m/z - 113$
- v) steranes including alkylated PAHs: $m/z - 217$
- vi) triaromatic steroids including alkylated PAHs: $m/z - 231$.

The single ion mode (SIM) chromatograms of the compound classes of all piezometers illustrate a relatively similar pattern within the range of C₁₀ to C₂₅ with less pronounced *n*-alkane pattern. Only piezometer 8109 showed relatively pronounced *n*-alkane pattern during the 1st sampling campaign, indicating a low degree of biodegradation at this sampling point.

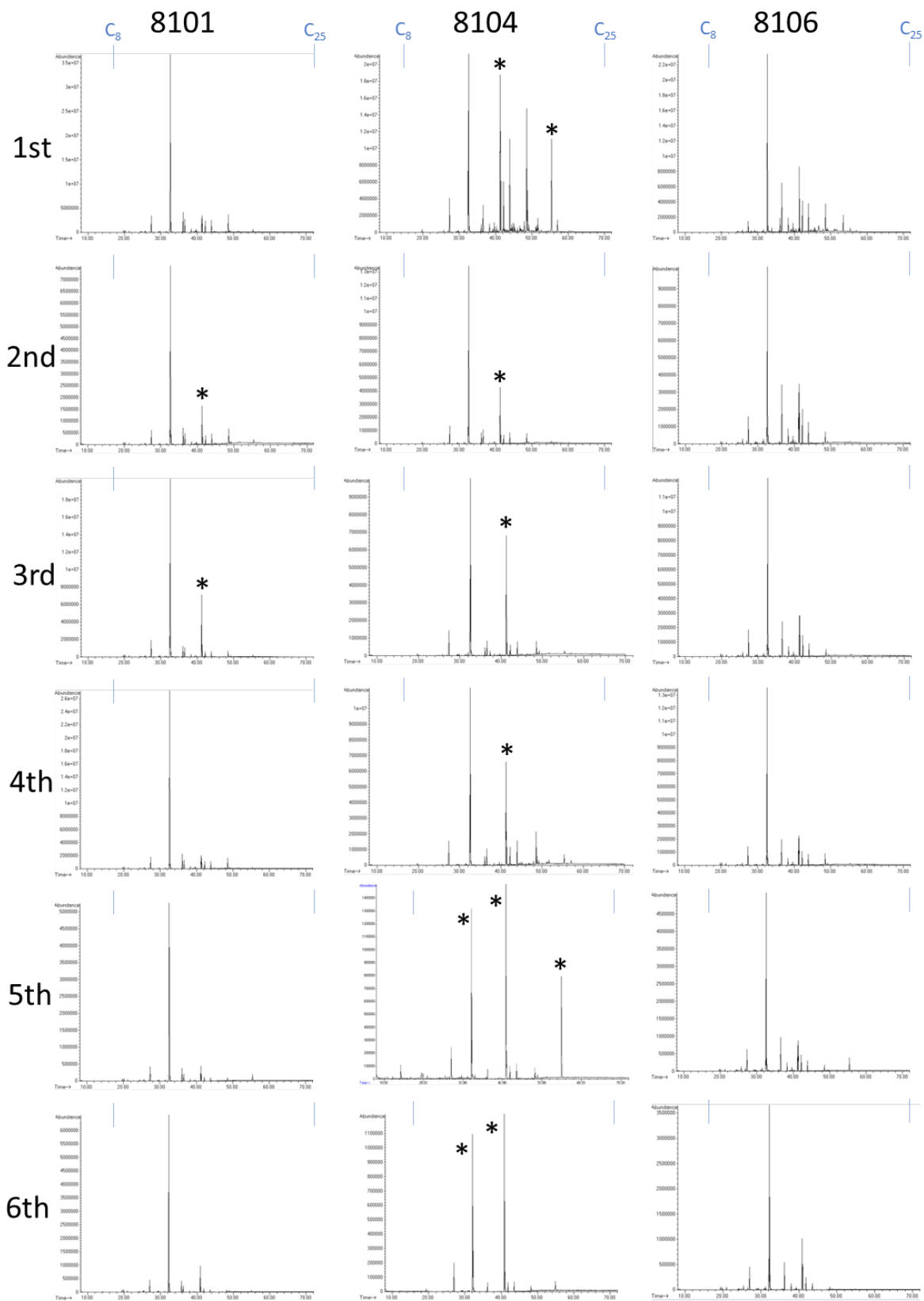
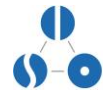


Figure 4 Total ion chromatograms of samples from wells 8101, 8104 and 8106 at six different time points taken at pilotzone 1 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium). * internal standard (either *d*₈-Naphthalene, *d*₁₀-acenaphthene or 1-Chlorooctanol).

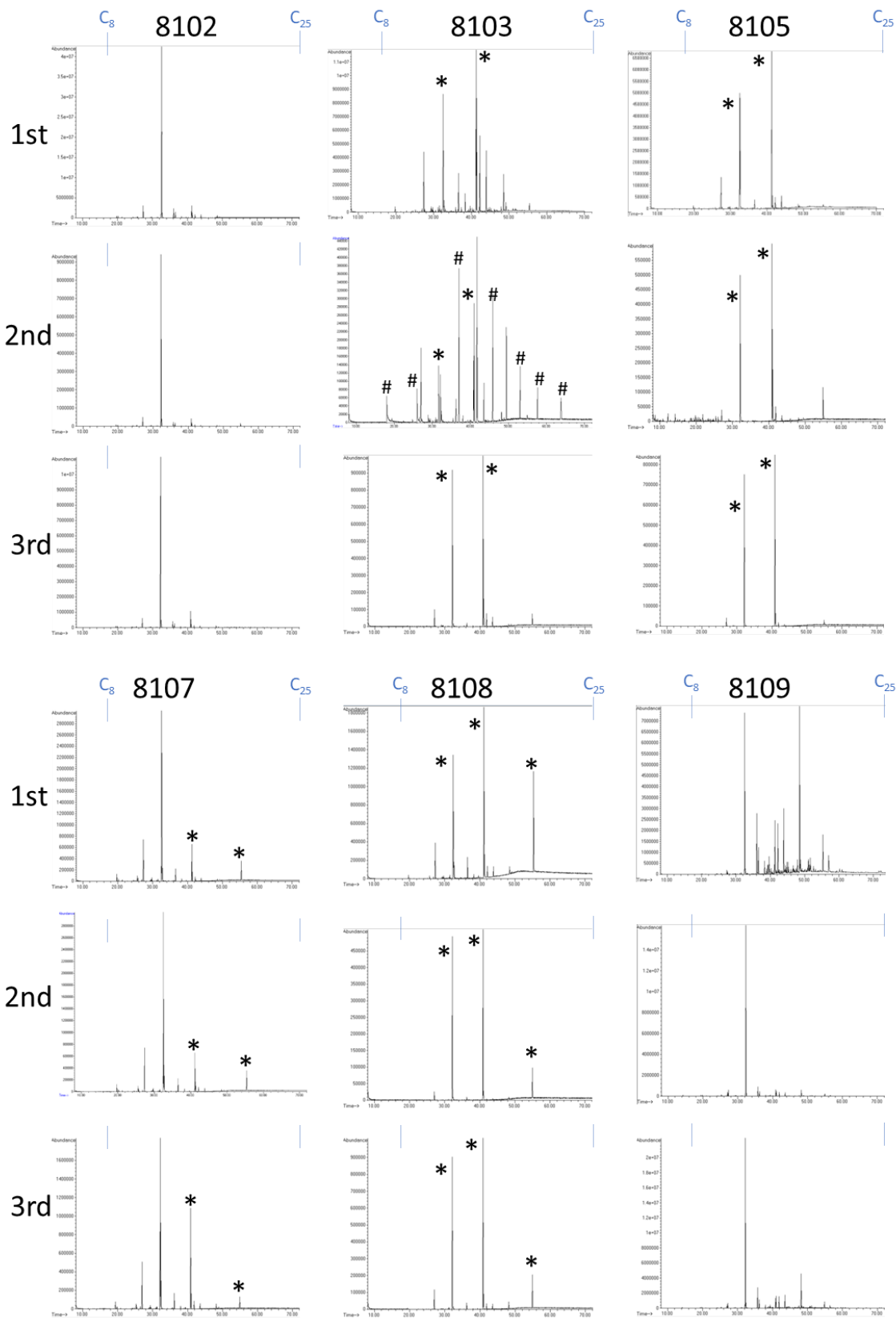


Figure 5 Total ion chromatograms of samples from piezometers 8102, 8103, 8105, 8107, 8108 and 8109 at three different time points taken at pilotzone 1 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium). * internal standard (either d₈-Naphthalene, d₁₀-acenaphthene or 1-Chlorooctanol); # impurities by the chromatography (residues from GC-column, esp. “-siloxane-”).

The pattern did not change within the time of investigation at 8101, 8102 and 8103 (Fig. 6-8). The pattern of the mass fragment 113 at the 5th and 6th sampling campaign belongs to the fraction of PAHs and not to isoprenoids (Appendix B), confirming the limited biodegradation. However, due to the high fraction of naphthalene the evaluation of the SIM pattern of the compound classes is limited. The SIM of the compound classes of 8104 indicates a trend of naphthalene and C₃-alkylbenzene degradation by a comparison of the abundance of the internal standards, which was confirmed by the estimated PAH concentrations (Appendix A). In comparison to the internal standards, the SIM of the compound classes of 8105 (with microbial inoculation) illustrates a decreasing abundance of the C₂- and C₃-alkylbenzene pattern at the 3rd sampling campaign (Fig. 9), indicating a microorganism-assisted phytoremediation effect. The SIM of the compound classes of 8106, 8107 and 8108 did not change within the time of investigation, indicating a limited microorganism-assisted phytoremediation effect (Fig. 8, 9, 11). The SIM of compound classes of 8109 illustrates a relatively pronounced *n*-alkane pattern at the 1st sampling campaign, indicating a low degree of biodegradation (Fig. 11). At the 2nd and 3rd sampling campaign this pattern was reduced in comparison to the naphthalene peak, indicating a progressed weathering/degradation of *n*-alkanes.

PAHs exhibit different affinities for biodegradation. There is a general trend that microbial persistence increase with increasing alkylation (14-16). In order to examine such a trend, distribution pattern of non-substituted and C₂-alkylated PAHs were plotted by SIM analyses with the following mass fragments (Fig. 12-17):

- naphthalene: m/z – 128
- C₂-naphthalenes: m/z – 156
- phenanthrene/anthracene: m/z – 178
- C₂-phenanthrenes/anthracenes: m/z – 206
- pyrene/fluoranthene: m/z – 202
- C₂-pyrenes/fluoranthenes: m/z – 230

A clear visual increase of C₂-alkylated PAHs could not be observed for 8101, 8102, 8106, 8107 and 8109. This can be attributed to three reasons:

- There is limited PAH biodegradation.
- An increase of alkylated PAHs is not or only hardly visible due to the high predominance of non-substituted PAHs.
- Alkylated PAHs have a lower mobility in groundwater than non-substituted PAHs, since the water solubility and the affinity for sorption to the aquifer matrix is lower and higher, respectively, for alkylated compared to non-substituted PAHs.

The SIM pattern of PAHs of 8103, 8104 and 8105 illustrates a slightly increased trend of the C₂-naphthalenes in comparison to naphthalene, indicating a degradation of naphthalene. At the same time, the abundance of phenanthrene/anthracene significantly decreased at 8103

in comparison to naphthalene, confirmed by the estimated concentration of selected PAHs (Appendix A), which can be explained by a lower water solubility and higher affinity for sorption to the aquifer matrix of higher molecular, non-substituted PAHs. At 8108, an increasing pattern of the abundance of anthracene/phenanthrene in comparison to naphthalene indicates a degradation of naphthalene. The SIM pattern of PAHs at 8109 confirms the extended complexity of hydrocarbons at the beginning of the sampling campaigns and a decreasing trend of higher molecular, non-substituted PAHs (phenanthrene/anthracene) over the time of investigation, which can be attributed probably to the higher retardation on aquifer matrix of phenanthrene/anthracene compared to naphthalene. During the 1st sampling campaign, NAPL was still present at this piezometer.

3.1.3 Diagnostic ratios

Diagnostic ratios (DR) are often applied for evaluating weathering process specifically biodegradation of petroleum hydrocarbons in the environment. Biodegradation-specific DR were determined in order to evaluate hydrocarbon biodegradation at the investigated piezometers (Tab. 2).

For the samples taken at 8101 and 8106, the values of naphthalene/(C₂-naphthalenes+C₃-naphthalenes) showed an unexpected increasing trend. Biodegradation would lead to decreasing values. Probably, there are different source values of naphthalene/(C₂-naphthalenes+C₃-naphthalenes) or C₂- and C₃-naphthalenes are stronger influenced by retardation on the aquifer matrix than naphthalene, leading to superimposition for changes of this DR caused by biodegradation. The significantly higher value during the 2nd sampling campaign at 8102 and 8109 in comparison to the 1st and 3rd sampling probably can be explained by solid residues of naphthalene in the water samples. The estimated concentration of naphthalene was with 20 – 30 mg/l close to the limit of water solubility. Decreasing values of naphthalene/(C₂-naphthalenes+C₃-naphthalenes) at 8104 and 8107 implies degradation of naphthalene and confirms the observations of the SIM analyses at those piezometers (Chap. 3.1.2). During the 5th and 6th sampling campaign, C₂- and C₃-naphthalenes were not detectable at 8104 due to the lower load of contamination at this time. This cannot automatically be attributed to degradation, since dilution effects cannot be ruled out. The same can be expected at 8105, for which C₂- and C₃-naphthalenes were not detectable during the 2nd and 3rd sampling campaign. In comparison to the other piezometers, significant lower values of naphthalene/(C₂-naphthalenes+C₃-naphthalenes) were determined at piezometer 8103 and 8108, confirming degradation of naphthalene at those piezometers. In general, a lower contaminant load was present at these piezometers.

No significant trend or difference in comparison of all piezometers was shown for the dibenzofurane/fluorene, acenaphthene/fluorene and phenanthrene/anthracene ratios. Only at 8102, a decrease of phenanthrene/anthracene implies a phenanthrene degradation at this piezometer.

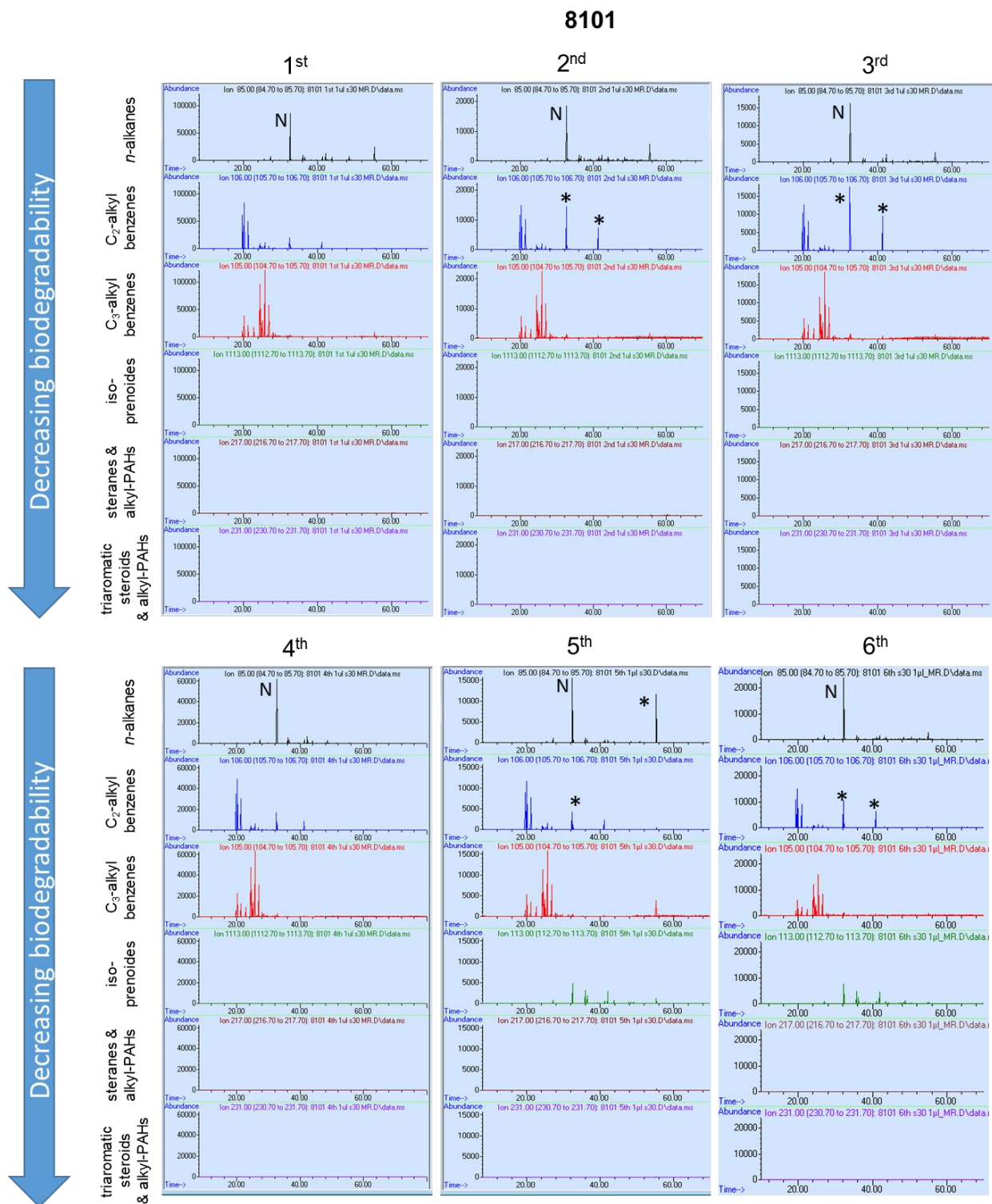


Figure 6 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of *n*-alkanes ($m/z - 85$), C_2 -alkylbenzenes ($m/z - 106$), C_3 -alkylbenzenes ($m/z - 105$), isoprenoides ($m/z - 113$), steranes including alkylated PAHs ($m/z - 217$) and triaromatic steroids including alkylated PAHs ($m/z - 231$) for the sampling point 8101 from the pilotzone 1 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium) at different sampling campaigns. The abundance (*y*-axis) has not the same scale for the chromatograms. Therefore, the direct comparison of peak abundances from different time-points does not give a realistic impression for the extent of the contamination at the investigated piezometer. * internal standard (either d_8 -Naphthalene, d_{10} -acenaphthene or 1-Chlorooctanol); N – Naphthalene.

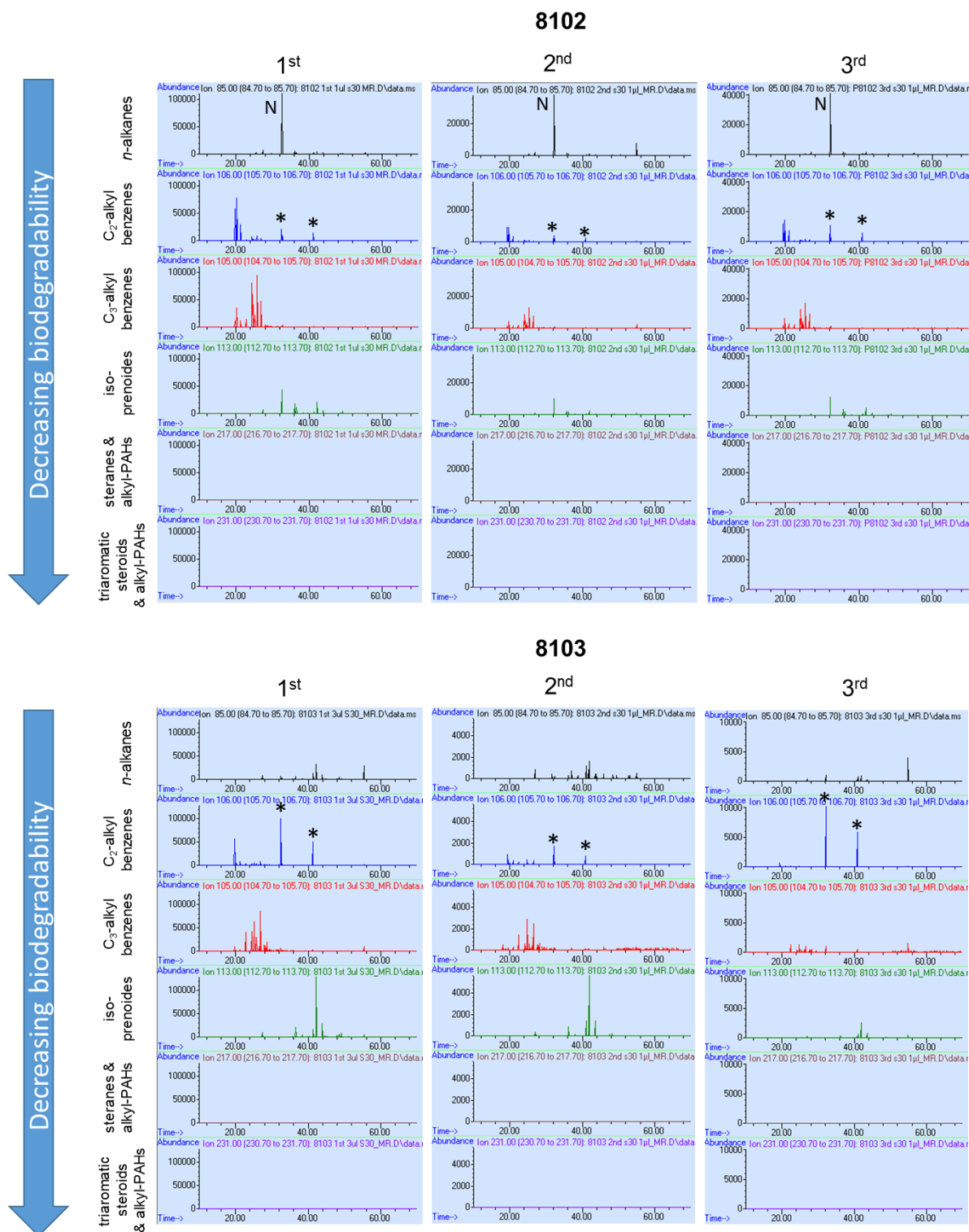


Figure 7 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of *n*-alkanes ($m/z - 85$), C_2 -alkylbenzenes ($m/z - 106$), C_3 -alkylbenzenes ($m/z - 105$), isoprenoides ($m/z - 113$), steranes including alkylated PAHs ($m/z - 217$) and triaromatic steroids including alkylated PAHs ($m/z - 231$) for the sampling point 8102 and 8103 from the pilotzone 1 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium) at different sampling campaigns. The abundance (y-axis) has not the same scale for the chromatograms. Therefore, the direct comparison of peak abundances from different time-points does not give a realistic impression for the extent of the contamination at the investigated piezometer. * internal standard (either d_8 -Naphthalene, d_{10} -acenaphthene or 1-Chlorooctanol); N – Naphthalene.

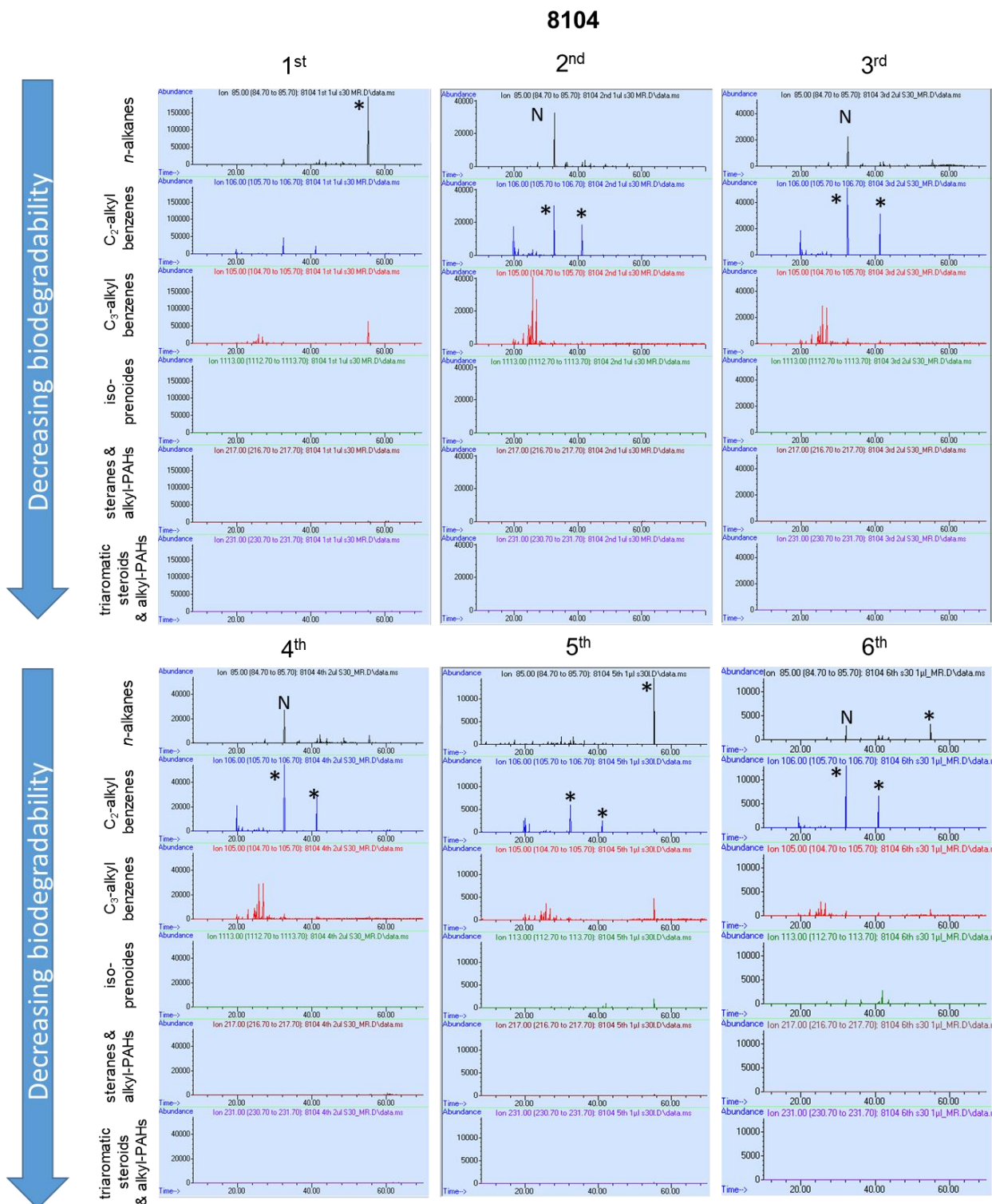


Figure 8 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of *n*-alkanes ($m/z - 85$), C_2 -alkylbenzenes ($m/z - 106$), C_3 -alkylbenzenes ($m/z - 105$), isoprenoides ($m/z - 113$), steranes including alkylated PAHs ($m/z - 217$) and triaromatic steroids including alkylated PAHs ($m/z - 231$) for the sampling point 8104 from the pilotzone 1 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium) at different sampling campaigns. The abundance (y-axis) has not the same scale for the chromatograms. Therefore, the direct comparison of peak abundances from different time-points does not give a realistic impression for the extent of the contamination at the investigated piezometer. * internal standard (either *d8*-Naphthalene, *d10*-acenaphthene or 1-Chlorooctanol); N – Naphthalene.

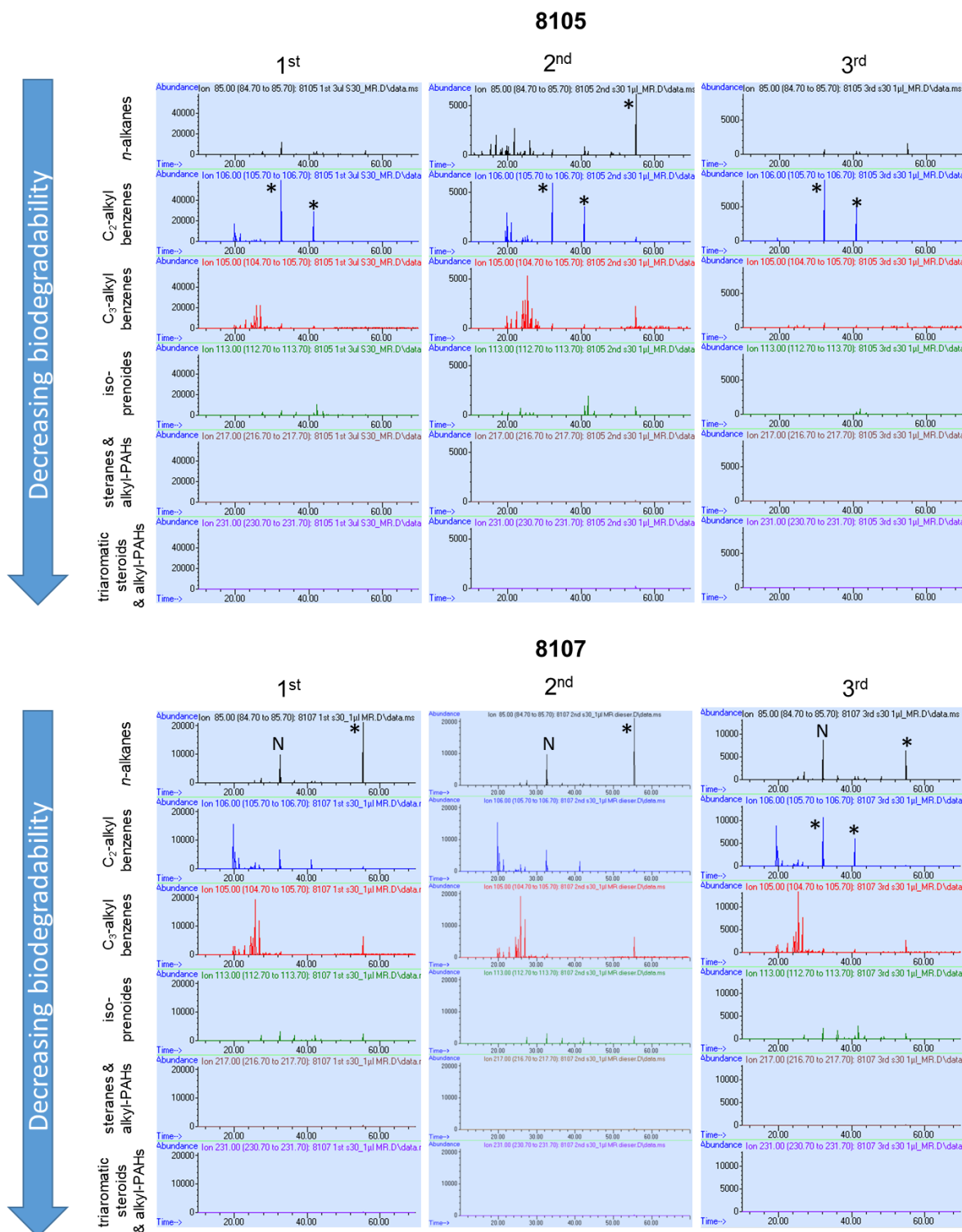


Figure 9 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of *n*-alkanes ($m/z - 85$), C_2 -alkylbenzenes ($m/z - 106$), C_3 -alkylbenzenes ($m/z - 105$), isoprenoides ($m/z - 113$), steranes including alkylated PAHs ($m/z - 217$) and triaromatic steroids including alkylated PAHs ($m/z - 231$) for the sampling point 8105 and 8107 from the pilotzone 1 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium) at different sampling campaigns. The abundance (y-axis) has not the same scale for the chromatograms. Therefore, the direct comparison of peak abundances from different time-points does not give a realistic impression for the extent of the contamination at the investigated piezometer. * internal standard (either d_8 -Naphthalene, d_{10} -acenaphthene or 1-Chlorooctanol); N – Naphthalene.

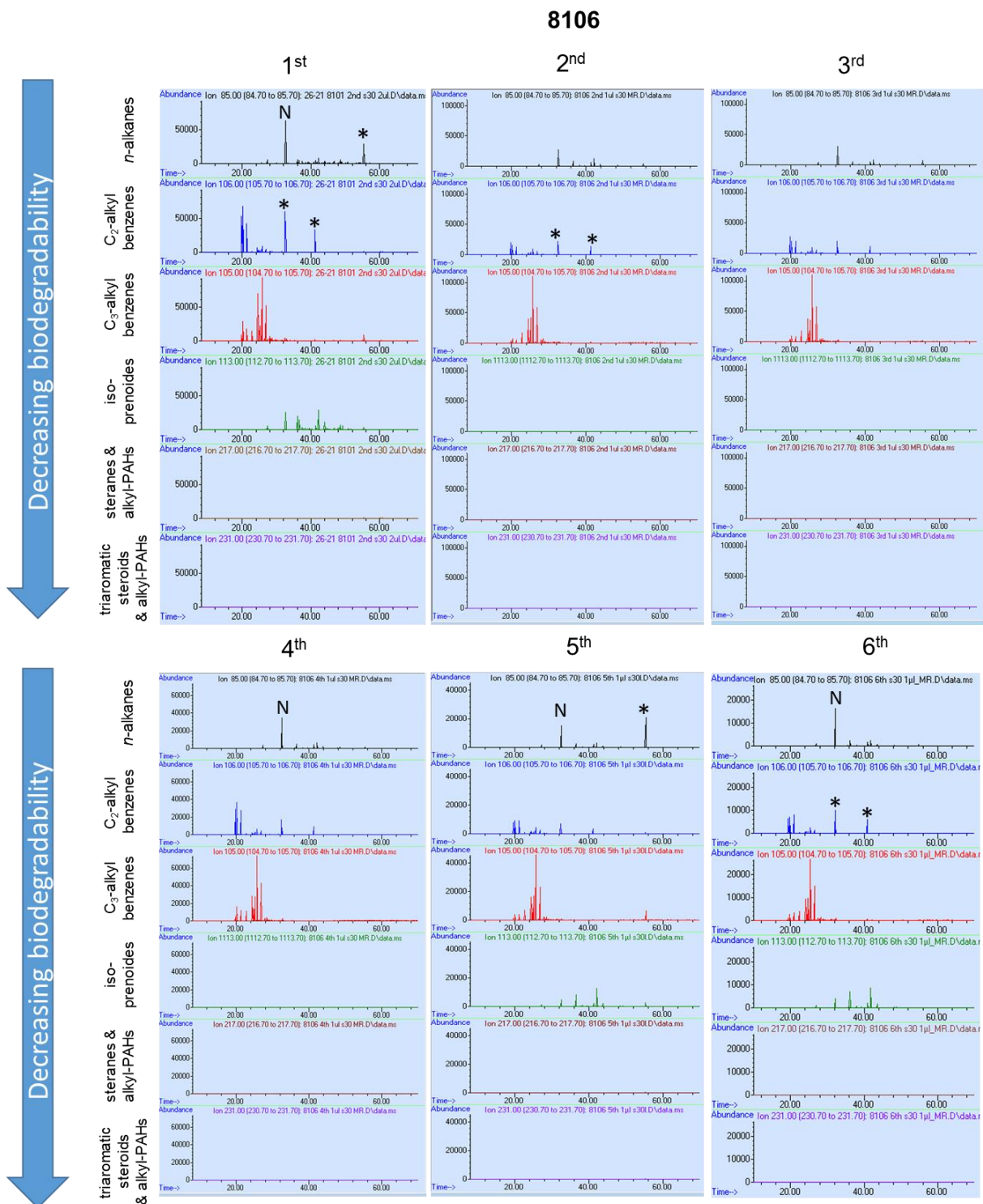


Figure 10 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of *n*-alkanes ($m/z - 85$), C_2 -alkylbenzenes ($m/z - 106$), C_3 -alkylbenzenes ($m/z - 105$), isoprenoides ($m/z - 113$), steranes including alkylated PAHs ($m/z - 217$) and triaromatic steroids including alkylated PAHs ($m/z - 231$) for the sampling point 8106 from the pilotzone 1 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium) at different sampling campaigns. The abundance (y-axis) has not the same scale for the chromatograms. Therefore, the direct comparison of peak abundances from different time-points does not give a realistic impression for the extent of the contamination at the investigated piezometer. * internal standard (either d_8 -Naphthalene, d_{10} -acenaphthene or 1-Chlorooctanol); N – Naphthalene.

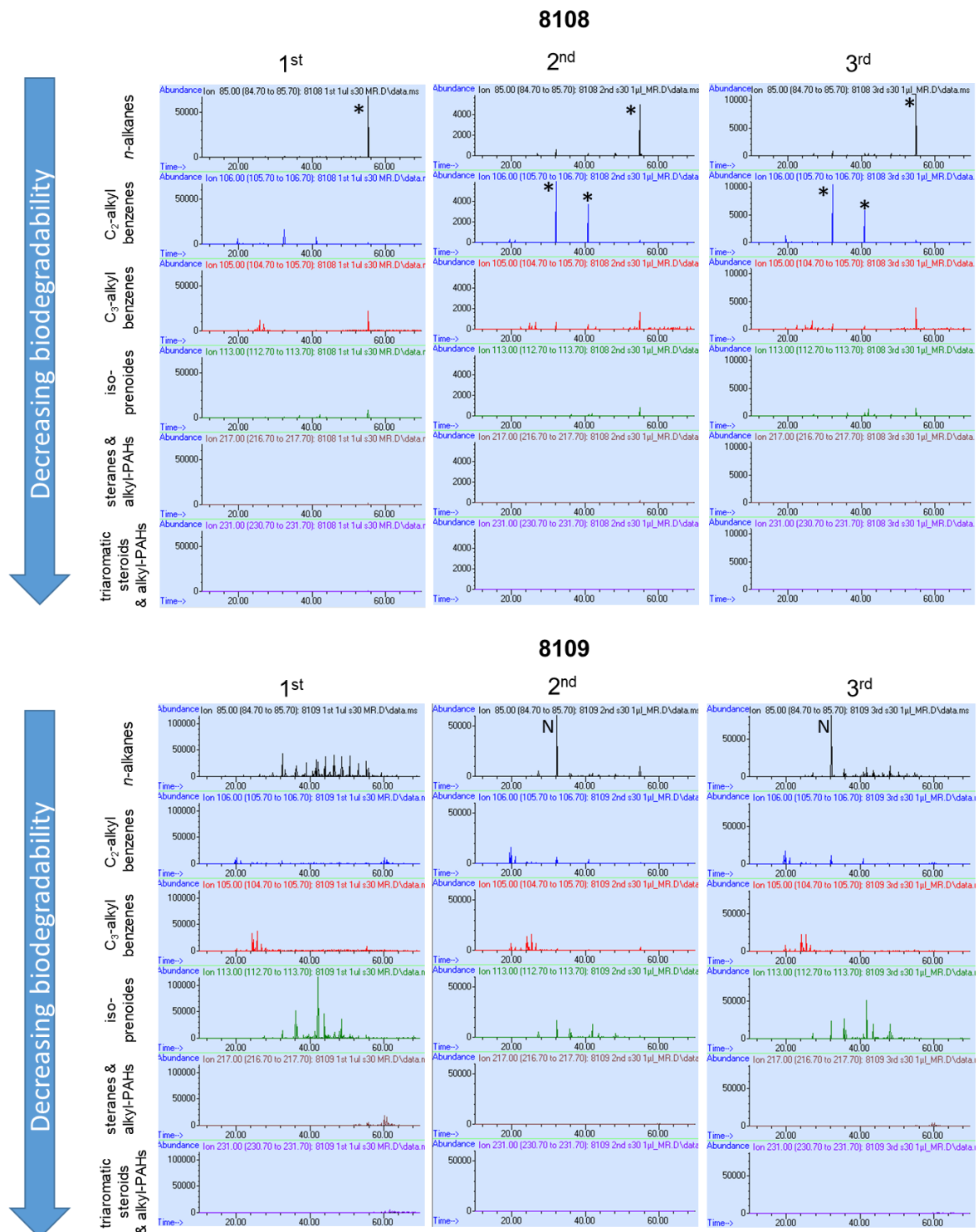


Figure 11 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of *n*-alkanes ($m/z - 85$), C_2 -alkylbenzenes ($m/z - 106$), C_3 -alkylbenzenes ($m/z - 105$), isoprenoides ($m/z - 113$), steranes including alkylated PAHs ($m/z - 217$) and triaromatic steroids including alkylated PAHs ($m/z - 231$) for the sampling point 8108 and 8109 from the pilotzone 1 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium) at different sampling campaigns. The abundance (y-axis) has not the same scale for the chromatograms. Therefore, the direct comparison of peak abundances from different time-points does not give a realistic impression for the extent of the contamination at the investigated piezometer. * internal standard (either d_8 -Naphthalene, d_{10} -acenaphthene or 1-Chlorooctanol); N – Naphthalene.

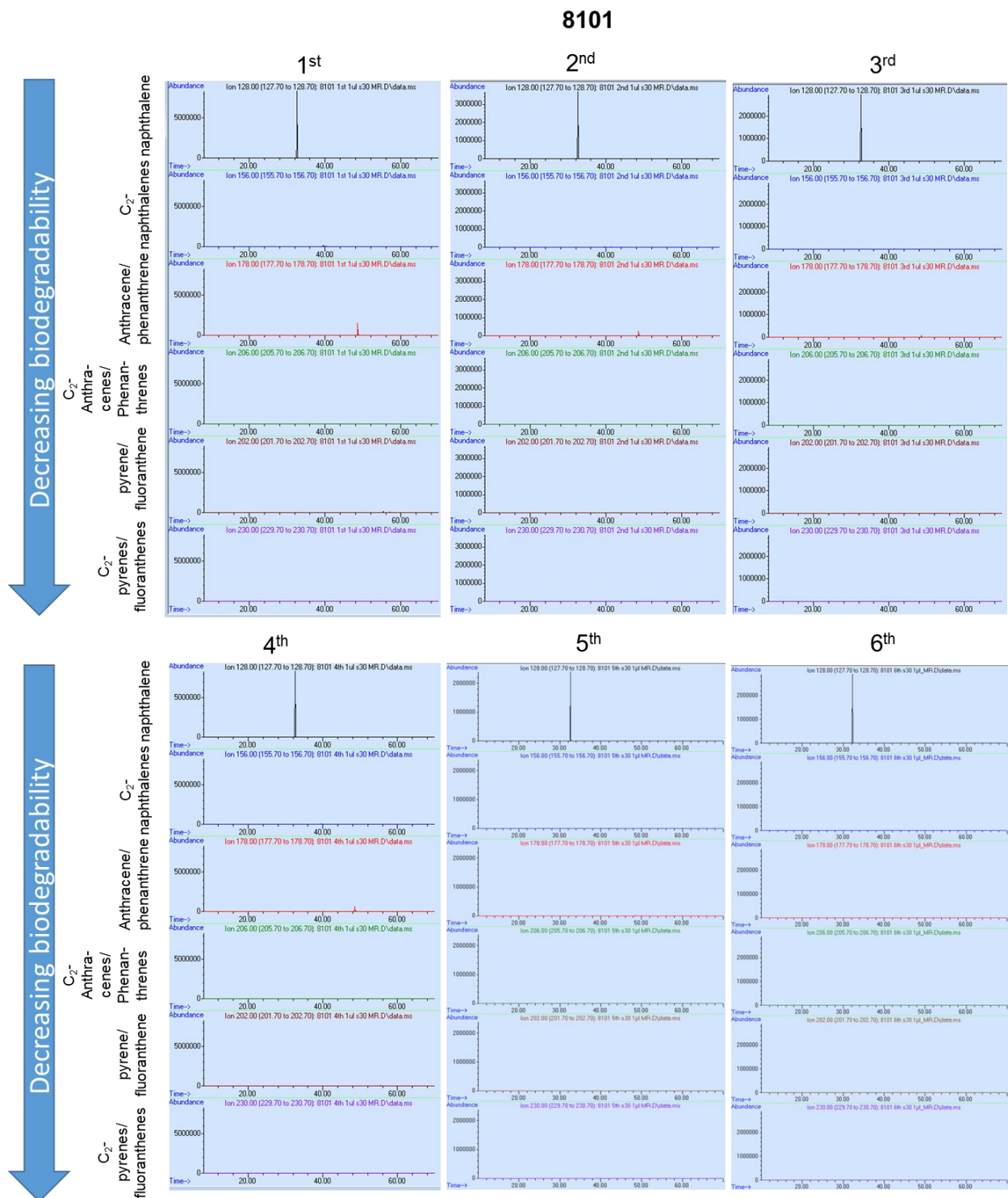


Figure 12 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of naphthalene ($m/z - 128$), C₂-naphthalenes ($m/z - 156$), anthracene/phenanthrene ($m/z - 178$), C₂-anthracenes/phenanthrenes ($m/z - 206$), pyrene/fluoranthene ($m/z - 202$) and C₂-pyrenes/fluoranthenes ($m/z - 230$) for the sampling point 8101 from the pilotzone 1 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium) at different sampling campaigns. The abundance (y-axis) has not the same scale for the chromatograms. Therefore, the direct comparison of peak abundances from different time-points does not give a realistic impression for the extent of the contamination at the investigated piezometer.

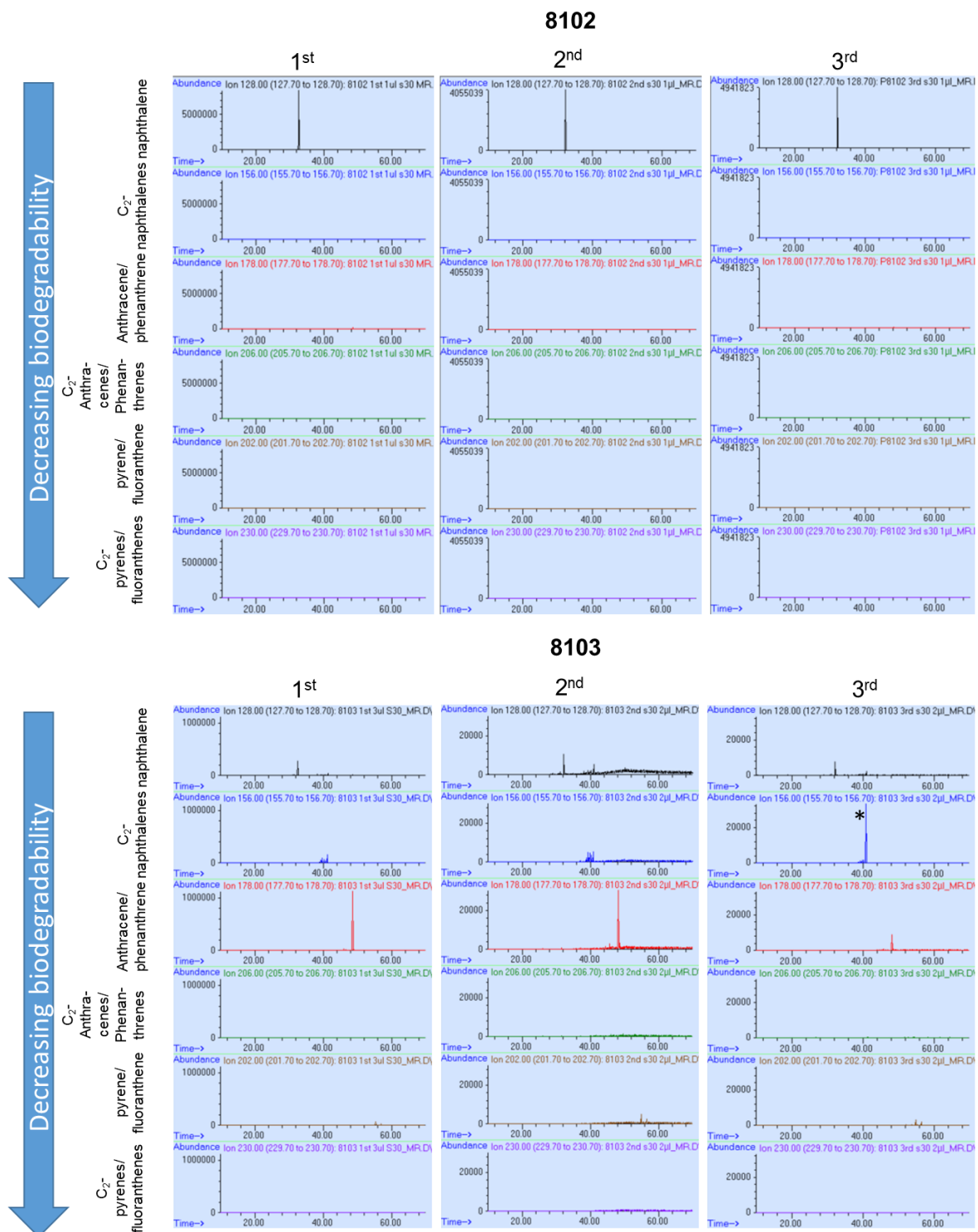


Figure 13 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of naphthalene ($m/z - 128$), C_2 -naphthalenes ($m/z - 156$), anthracene/phenanthrene ($m/z - 178$), C_2 -anthracenes/phenanthrenes ($m/z - 206$), pyrene/fluoranthene ($m/z - 202$) and C_2 -pyrenes/fluoranthenes ($m/z - 230$) for the sampling point 8102 and 8103 from the pilotzone 1 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium) at different sampling campaigns. The abundance (y-axis) has not the same scale for the chromatograms. Therefore, the direct comparison of peak abundances from different time-points does not give a realistic impression for the extent of the contamination at the investigated piezometer. *internal standard (either d_8 -Naphthalene, d_{10} -acenaphthene or 1-Chlorooctanol).

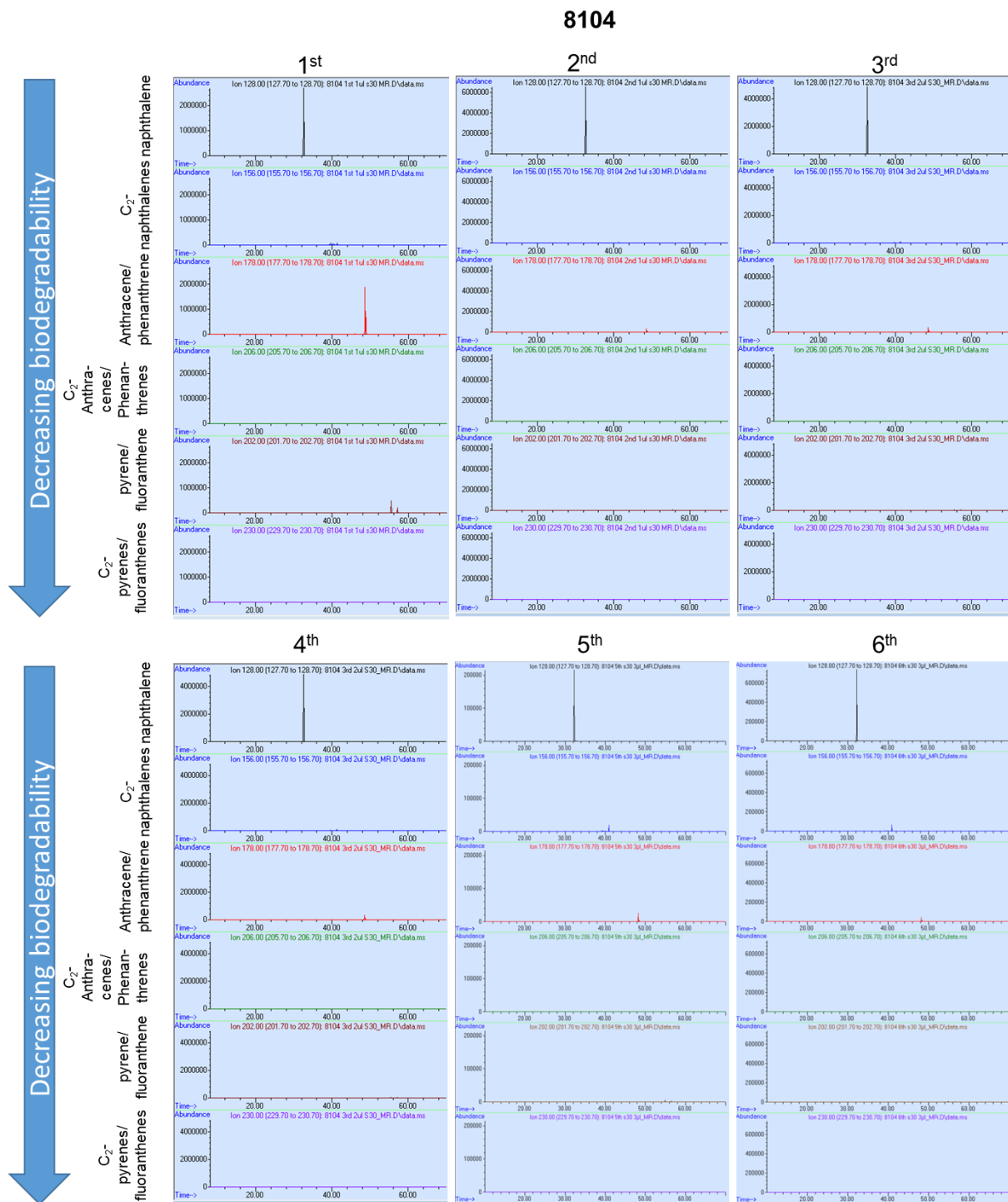


Figure 14 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of naphthalene ($m/z - 128$), C_2 -naphthalenes ($m/z - 156$), anthracene/phenanthrene ($m/z - 178$), C_2 -anthracenes/phenanthrenes ($m/z - 206$), pyrene/fluoranthene ($m/z - 202$) and C_2 -pyrenes/fluoranthenes ($m/z - 230$) for the sampling point 8104 from the pilotzone 1 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium) at different sampling campaigns. The abundance (y-axis) has not the same scale for the chromatograms. Therefore, the direct comparison of peak abundances from different time-points does not give a realistic impression for the extent of the contamination at the investigated piezometer. *internal standard (either d_8 -Naphthalene, d_{10} -acenaphthene or 1-Chlorooctanol).

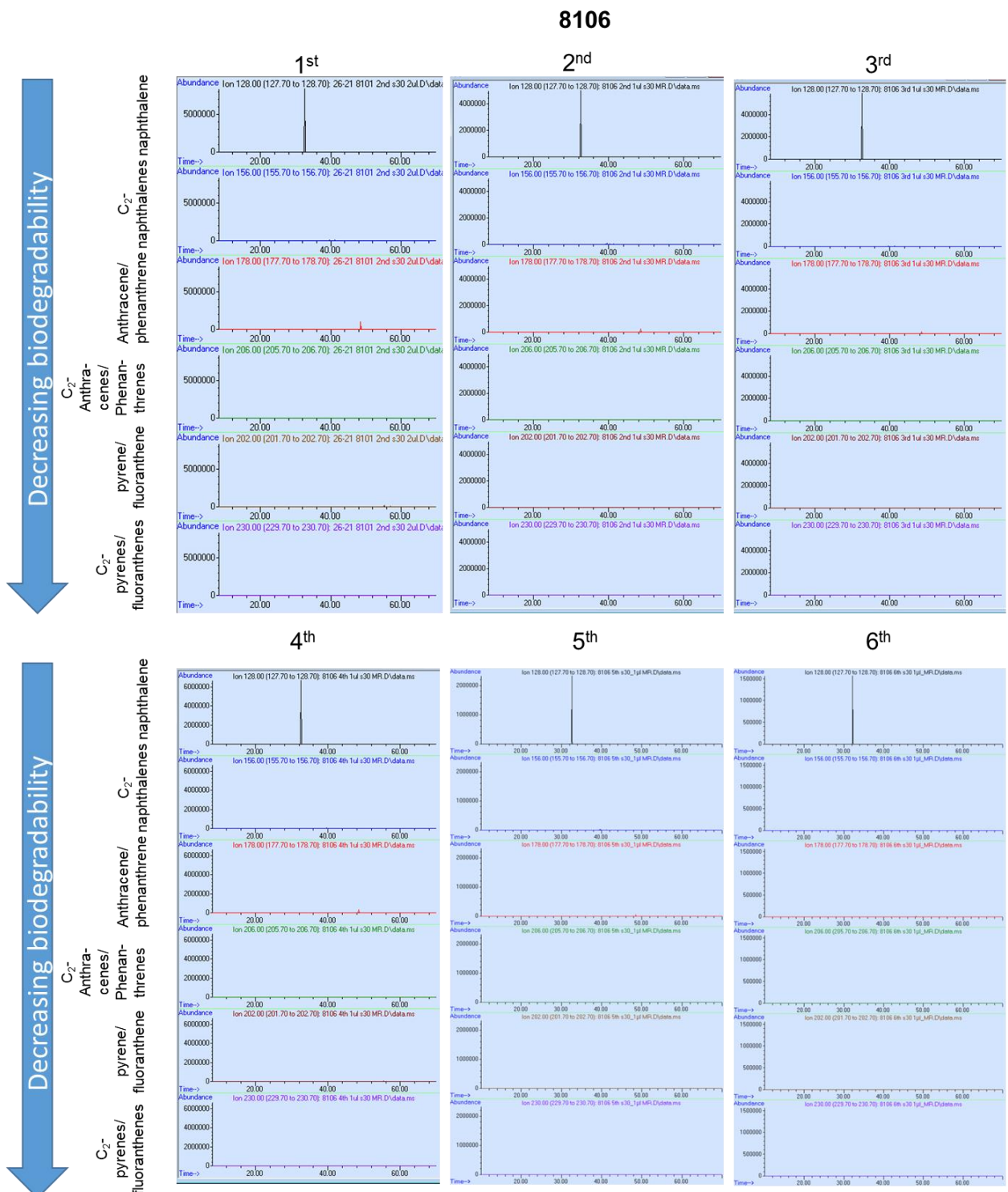


Figure 16 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of naphthalene ($m/z - 128$), C_2 -naphthalenes ($m/z - 156$), anthracene/phenanthrene ($m/z - 178$), C_2 -anthracenes/phenanthrenes ($m/z - 206$), pyrene/fluoranthene ($m/z - 202$) and C_2 -pyrenes/fluoranthenes ($m/z - 230$) for the sampling point 8106 from the pilotzone 1 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium) at different sampling campaigns. The abundance (y-axis) has not the same scale for the chromatograms. Therefore, the direct comparison of peak abundances from different time-points does not give a realistic impression for the extent of the contamination at the investigated piezometer.

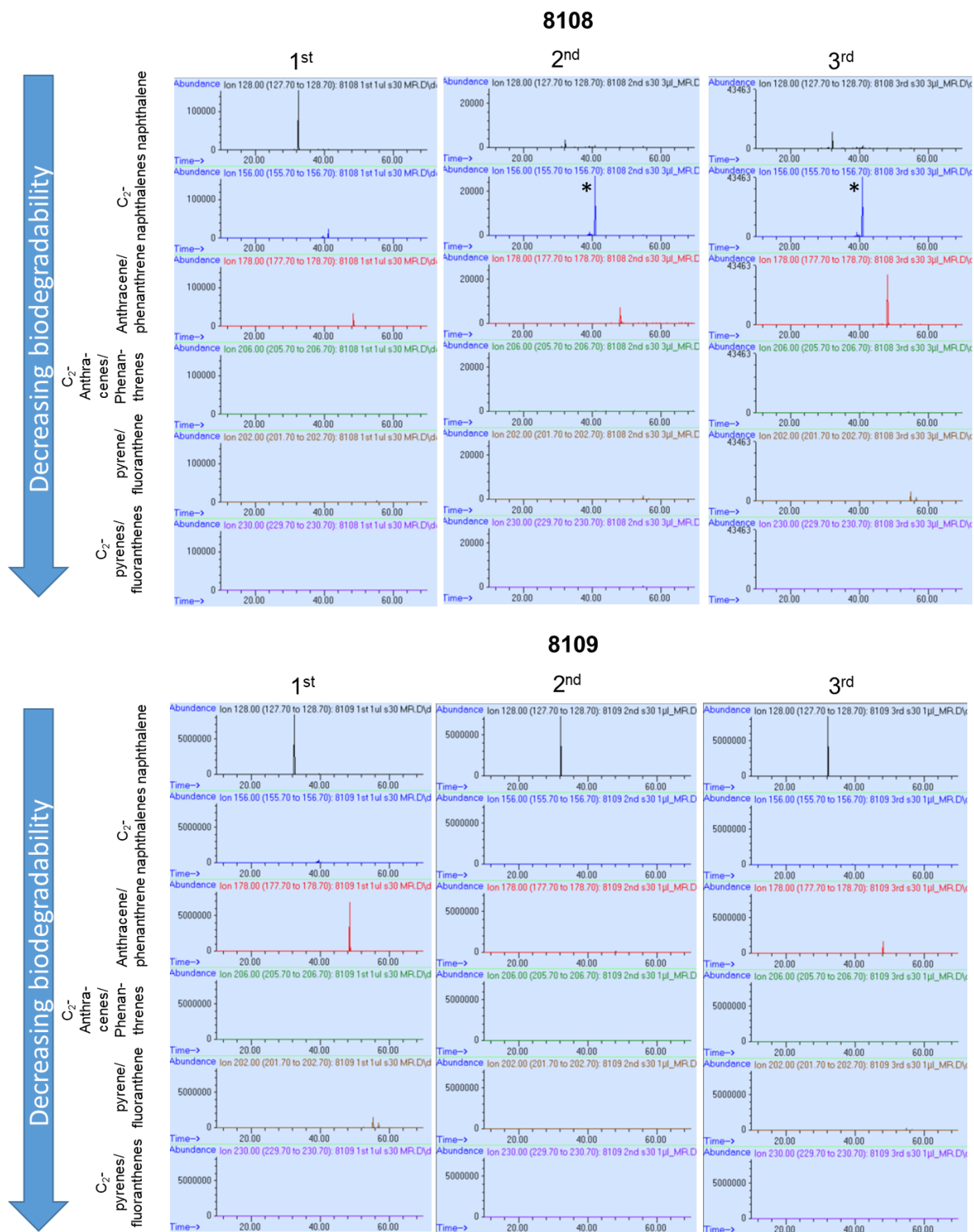


Figure 17 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of naphthalene ($m/z - 128$), C_2 -naphthalenes ($m/z - 156$), anthracene/phenanthrene ($m/z - 178$), C_2 -anthracenes/phenanthrenes ($m/z - 206$), pyrene/fluoranthene ($m/z - 202$) and C_2 -pyrenes/fluoranthenes ($m/z - 230$) for the sampling point 8108 and 8109 from the pilotzone 1 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium) at different sampling campaigns. The abundance (y-axis) has not the same scale for the chromatograms. Therefore, the direct comparison of peak abundances from different time-points does not give a realistic impression for the extent of the contamination at the investigated piezometer. *internal standard (either d_8 -Naphthalene, d_{10} -acenaphthene or 1-Chlorooctanol).

Table 2 Diagnostic ratios (DR) determined for samples from the investigated piezometers of the pilotzone 1 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium). Arrows indicate expected evolution due to biodegradation, nd – not determinable, pristane and/or phytane not or only in traces detectable; nd* not determinable, alkylated naphthalenes not detectable; nd not determinable, phenanthrene/anthracene not detectable

sample	sampling campaign	sampling date	n-C ₁₇ -alkane/pristane ↓	n-C ₁₈ -alkane/phytane ↓	naphthalene/ (C2-naphthalenes+ C3-naphthalenes) ↓	dibenzofurane/fluorene ↑	acenaphthene/fluorene ↑	phenanthrene/ anthracene ↓
P8101	1 st	Jun 21	nd	nd	15.4	0.9	1.4	10.3
	2 nd	Jul 21	nd	nd	15.2	0.9	1.6	6.9
	3 rd	Aug 21	nd	nd	33.2	1.0	2.1	7.8
	4 th	Oct 21	nd	nd	23.5	1.0	1.5	9.0
	5 th	Feb 22	nd	nd	62.7	1.2	2.1	9.6
	6 th	Jul 22	nd	nd	50.0	1.2	2.0	7.9
P8102	1 st	Jul 21	nd	nd	86.3	1.2	1.7	11.7
	2 nd	Feb 22	nd	nd	208.4	1.6	2.3	2.9
	3 rd	Jul 22	nd	nd	96.7	1.3	1.8	3.2
P8103	1 st	Jul 21	nd	nd	0.3	1.3	1.9	9.7
	2 nd	Feb 22	nd	nd	0.4	1.3	2.1	nd [#]
	3 rd	Jul 22	nd	nd	nd*	0.0	2.6	nd [#]
P8104	1 st	Jun 21	nd	nd	228.8	1.0	1.9	7.6
	2 nd	Jul 21	nd	nd	7.6	1.6	2.8	20.2
	3 rd	Aug 21	nd	nd	11.7	1.6	3.2	37.7
	4 th	Oct 21	nd	nd	15.1	1.3	2.7	11.1
	5 th	Feb 22	nd	nd	nd*	0.0	1.8	0.0
	6 th	Jul 22	nd	nd	nd*	1.0	1.9	nd [#]
P8105	1 st	Jul 21	nd	nd	20.5	1.0	1.9	1.6
	2 nd	Feb 22	nd	nd	nd*	2.8	8.1	nd [#]
	3 rd	Jul 22	nd	nd	nd*	nd	nd	nd [#]
P8106	1 st	Jun 21	nd	nd	5.8	1.0	2.0	12.1
	2 nd	Jul 21	nd	nd	8.7	1.7	2.9	15.6
	3 rd	Aug 21	nd	nd	13.7	1.6	3.2	nd [#]
	4 th	Oct 21	nd	nd	15.1	1.3	2.7	11.1
	5 th	Feb 22	nd	nd	15.5	1.5	2.8	25.1
	6 th	Jul 22	nd	nd	20.5	1.9	3.3	nd [#]
P8107	1 st	Jul 21	nd	nd	116.1	1.4	8.4	nd [#]
	2 nd	Feb 22	nd	nd	98.3	1.3	2.9	nd [#]
	3 rd	Jul 22	nd	nd	48.8	1.4	2.6	nd [#]
P8108	1 st	Jul 21	nd	nd	6.3	1.0	2.3	nd [#]
	2 nd	Feb 22	nd	nd	nd*	1.0	2.6	nd [#]
	3 rd	Jul 22	nd	nd	3.9	0.0	1.9	7.0
P8109	1 st	Jul 21	nd	nd	2.1	0.7	0.9	11.2
	2 nd	Feb 22	nd	nd	45.0	1.0	1.2	24.9
	3 rd	Jul 22	nd	nd	5.3	0.9	0.9	9.3



3.2 Metabolite analysis

Metabolites specific for aerobic and anaerobic BTEX and PAH biodegradation were determined for samples taken from piezometer 8101, 8104 and 8106 (Tab. 3) at three sampling campaigns (June 2021, September 2021, July 2022). In addition, metabolites were analyzed for anaerobic alkane biodegradation.

Table 3 Metabolites analysed at piezometers 8101, 8104 and 8106 in June 2021 (1st), September 2021 (2nd) and July 2022 (3rd). n.d. – not detected, below limit of detection, + – detected, but quantification not possible due to peak overlay, +/- – detected, but below limit of quantification.

sample ID	8101			8104			8106		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
unit	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Metabolites of aerobic BTEX biodegradation									
Catechol (1,2-dihydroxybenzene)	6.0	9.2	17	+/-	n.d.	n.d.	+/-	+/-	1.3
Methylcatechol (Dihydroxytoluene)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ethylcatechol	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Benzyl alcohol	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Metabolites of aerobic Naphthalene biodegradation									
1-Naphthol (1-Hydroxynaphthalene)	11	+	54	21	10	24	19	21	+
2-Naphthol (2-Hydroxynaphthalene)	7.1	3.4	13	+	+	+	8.4	10	8
1,2 or 2,3-Dihydroxynaphthalene	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	+/-	+/-	n.d.
Metabolites of anaerobic BTEX biodegradation									
Benzylsuccinic acid	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
(1-phenylethyl)benzylsuccinic acid	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
(2 and/or 3 and/or 4)-Methylbenzylsuccinic acid	+/-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Metabolites of anaerobic Naphthalene biodegradation									
(1 and/or 2)-Naphthoic acid	63	17	145	86	103	85	35	52	114
5,6,7,8-tetrahydro-2-Naphthoic Acid	+	+	20	+/-	+/-	n.d.	+	+	7.2
Metabolites of anaerobic PAH biodegradation									
Naphthylmethylsuccinic acid	+/-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	+/-	n.d.	n.d.
Phenanthrene-4-carboxylic acid or 9-Anthracencarboxylic acid	n.d.	+/-	12	+/-	+/-	+/-	2.1	3	12
Flouren-9-carboxylic acid	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	2.1	+	18
Acenaphthene- 5 and/or 3 -carboxylic acid	+/-	n.d.	n.d.	+/-	6	n.d.	+	6	+
Metabolites of aerobic and anaerobic mono- and polycyclic aromatic hydrocarbon biodegradation									
Benzoic acid	12	4.0	1.5	+	3.0	0.5	3.9	2.5	0.9
(2 and/or 3 and/or 4)-Hydroxybenzoic acid	25	22	173	+	+	38	+	+	7.4
2,5-Dihydroxybenzoic acid (Gentisic acid)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
3,4-Dihydroxybenzoic acid (Protocatechuic acid)	n.d.	n.d.	n.d.	+/-	+/-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<i>o/m/p</i> -Toluic acid (methylbenzoic acid)	14	+	9.5	50	42	9.3	15	15	36
Phenol (probably co-contamination)	1.2	1.3	3.5	+	0.9	+/-	0.6	1.8	+/-
<i>o/m/p</i> -Cresol (probably co-contamination)	10	4.9	11	+/-	+/-	0.5	5.0	3.7	5.7
Metabolites of anaerobic alkane biodegradation									
Alkylsuccinic acids	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. = not detected, below limit of detection

+ = detected, but quantification not possible due to peak overlay

+/- = detected, but below limit of quantification

For all piezometers, the detection of metabolites provides evidence for aerobic and anaerobic BTEX and PAH biodegradation, implying that there are steep gradients of oxic and anoxic conditions, which stimulates various microbial removal processes. Especially aerobic and anaerobic naphthalene degradation was confirmed by the detection of naphthol and

naphthoic acids as well as 5,6,7,8-Tetrahydro-2-naphthoic acid. In addition, the detection of the respective carboxylic acid of phenanthrene/anthracene, fluorene and acenaphthene confirms the (co-)metabolic degradation of higher molecular non-substituted PAHs. Metabolite analysis demonstrates the sustainability of BTEX/PAH degradation at those piezometers. However, a clear difference between the piezometers was not evident.

3.3 BACTRAP® analysis

For sensitive exploration of microbial degradation of naphthalene, BACTRAPs were loaded with ¹³C-labeled naphthalene and incubated in the groundwater monitoring wells 8102 and 8107. Biodegradation activity was assessed by the incorporation of ¹³C-carbon into microbial biomass. For this purpose, ¹³C enrichment in microbial amino acids was determined by CSIA. The isotope ratio of amino acids is defined according to the δ -notation as the ratio of ¹³C/¹²C in relation to the international standard V-PDB (Eq. 2) ($\delta^{13}\text{C}_{\text{AA}}$ -value). Amino acids predominantly have a lower ratio of ¹³C isotopes compared to the standard, i.e., their $\delta^{13}\text{C}_{\text{AA}}$ -values are negative and vary between 0 and -74 ‰. Exceptional positive $\delta^{13}\text{C}_{\text{AA}}$ -values of up to +11 ‰ occur depending on the utilized substrate (17,18). Amino acids with significantly more positive $\delta^{13}\text{C}_{\text{AA}}$ -values are caused by the microbial metabolization of the ¹³C-labeled substrate on the BACTRAPs and clearly demonstrate microbial naphthalene mineralisation.

Amino acid analysis revealed microbial colonization of both BACTRAPs after 84 days of incubation. The BACTRAP study demonstrated microbial naphthalene mineralisation at both piezometers. The $\delta^{13}\text{C}_{\text{AA}}$ -values extracted from the BACTRAPs were in the range between +17.5 ‰ and +204 ‰ (Fig. 18) and are significantly more positive than natural carbon isotope signatures of amino acids ($\delta^{13}\text{C}_{\text{AA}}$ -value $\leq +11$ ‰).

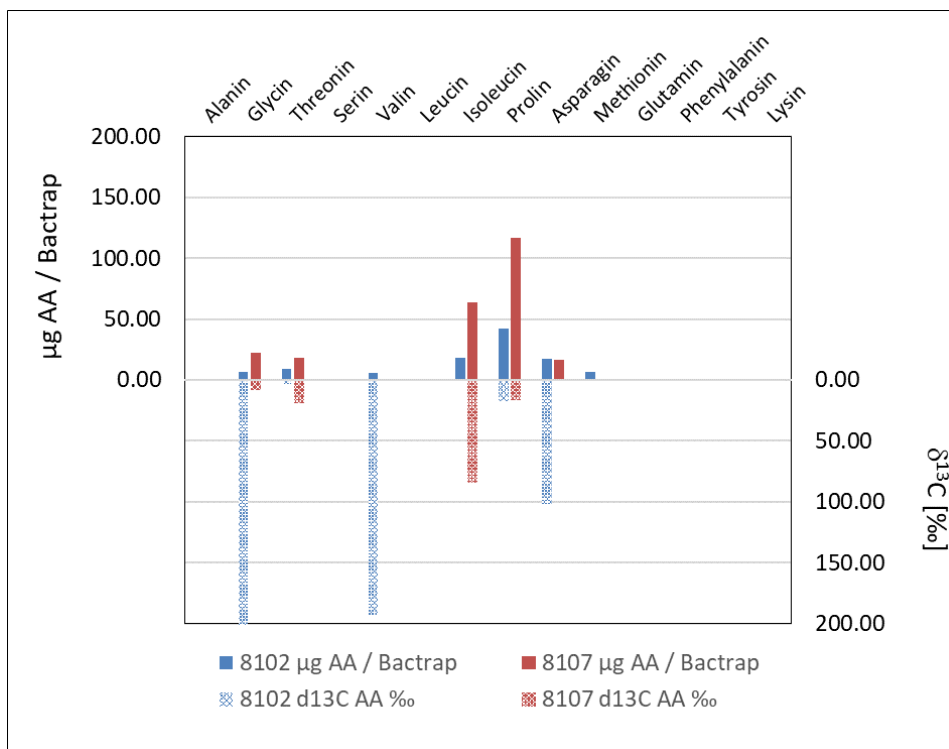


Figure 18 Concentration and $\delta^{13}\text{C}$ -values of amino acids extracted from the BACTRAP incubated at piezometer 8102 and 8107.

In order to compare the microbial contaminant degradation at the different piezometers, the total ¹³C carbon content in the amino acids was determined based on the carbon contents of the amino acids and $\delta^{13}\text{C}_{\text{AA}}$ -values. The total ¹³C carbon content per BACTRAP were with 13 μg and 12 μg per BACTRAP, respectively, nearly identical at both piezometer, revealing similar biodegradation activity of naphthalene at both piezometers.

4 Summary and outlook

GC/MS-screening shows degradation of naphthalene at 8104 which can be attributed to the new poplars planted in 2021. This was confirmed by the detection of specific metabolites of aerobic and anaerobic naphthalene degradation (and BTEX/PAH in general) at this piezometer. Further, indications of naphthalene degradation were shown by GC/MS-screening at 8103 and 8108.

Metabolite analysis provides evidence for aerobic and anaerobic BTEX and PAH biodegradation at 8101 (control) and 8106 (with inoculation of microorganisms). There seem to be steep gradients of oxic and anoxic conditions, promoting pollutant biodegradation due to various redox processes. The reason why this could not be confirmed by GC/MS-screening could be the relatively high amount of PAH at those piezometers, which limit an evaluation of TIC/SIM patterns.

The BACTRAP study demonstrated microbial naphthalene mineralization with similar extent at 8102 and 8107.

In conclusion, for several piezometer indications (8101, 8103, 8106, 8108) as well as evidence of biodegradation (8104, 8102, 8107) of PAHs, especially naphthalene, could be provided, which can be attributed to a phytoremediation effect. A stimulation due to the inoculation of microorganisms could not clearly be demonstrated.

5 References

- (1) Stout, S. A.; Douglas, G. S.; Uhler, A. D.; Automotive gasoline. environmental forensics - contaminant specific guide, Morrison, R. D.; Murphy, B. L. (Ed.). 2007.
- (2) Kaplan, I. R.; Galperin, Y.; Lu, S.-T.; Lee, R.-P.; Forensic environmental Geochemistry: differentiation of fuel-types, their sources and release time. Org. Geochem. 1997, 27, 289-317.
- (3) Beller, H. R.; Metabolic indicators for detecting *in situ* anaerobic alkylbenzene degradation. Biodegradation 2000, 11, 125-139.
- (4) Young, L. Y.; Phelps, C. D.; Metabolic biomarkers for monitoring *in situ* anaerobic hydrocarbon degradation. Environ. Health Perspec. 2005, 113, 62-67.
- (5) Musat, F.; Galushko, A.; Jacob, J.; Widdel, F.; Kube, M.; Reinhardt, R.; Wilkes, H.; Schink, B.; Rabus, R.; Anaerobic degradation of naphthalene and 2-methylnaphthalene by strains of marine sulfate-reducing bacteria. Environ. Microbiol. 2009, 11, 209-219.
- (6) Cerniglia, C. E.; Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons. Biodegradation 1992, 3, 351-368.
- (7) Bahr, A.; Fischer, A.; Vogt, C.; Bombach, P.; Evidence of polycyclic aromatic hydrocarbon biodegradation in a contaminated aquifer by combined application of *in situ* and laboratory microcosms using ¹³C-labelled target compounds. Water Res. 2015, 69, 100-109.
- (8) Gieg, L. M.; Suflita, J. M.; Detection of anaerobic metabolites of saturated and aromatic hydrocarbons in petroleum-contaminated aquifers. Environ. Sci. Technol. 2002, 36, 3755-3762.
- (9) Griebler, C.; Safinowski, M.; Vieth, A.; Richnow, H.-H.; Meckenstock, R. U.; Combined application of stable carbon isotope analysis and specific metabolites determination for assessing *in situ* degradation of aromatic hydrocarbons in a tar oil-contaminated aquifer. Environ. Sci. Technol. 2004, 38, 617-631.
- (10) Silfer, J.A. .; Engel, M.H. .; Macko, S.A. .; Jumeau, E.J. .; () Stable carbon isotope analysis of amino-acid enantiomers by conventional isotope ratio mass-spectrometry and combined gas-chromatography isotope ratio mass-spectrometry. Anal. Chem. 1991, 63,370-374.
- (11) Gonfiantini, R.; Stichler, W.; Rozanski K.; Standards and intercomparison materials for stable isotopes of light elements. IAEA-TECDOC-825, 1995, Vienna, 13-29.
- (12) Coplen, T.B.; Brand, W.A.; Gehre, M.; Gröning, M.; Meijer, H.A.J.; Toman, B.; Verkouteren, R.M.; New guidelines for $\delta^{13}\text{C}$ measurements. Anal. Chem. 2006, 78, 2439-2441.
- (13) Kuntze, K.; Fischer, A.; Evaluation of pollutant biodegradation at the Resanat site of a former Carcoke coking plant in Zeebrugge (Belgium). Isodetect GmbH, 2020.
- (14) Wang, Z.; Fingas, M.; Blenkinsopp, S.; Sergy, G.; Landriault, M.; Sigouin, L.; Foght, J.; Semple, K.; Westlake, D. W. S.; Comparison of oil composition changes due to biodegradation and physical weathering in different oils. J. Chromatogr. A 1998, 809, 89-107.



- (15) Budzinski, H.; Raymond, N.; Nadalig, T.; Gilewicz, M.; Garrigues, P.; Bertrand, J. C.; Caumette, P.; Aerobic biodegradation of alkylated aromatic hydrocarbons by a bacterial community. *Org. Geochem.* 1998, 28, 337-348.
- (16) Wammer, K. H.; Peters, C. A.; Polycyclic aromatic hydrocarbon biodegradation rates: A structure-based study. *Environ. Sci. Technol.* 2005, 39, 2571-2578.
- (17) Scott, J.H.; O'Brien, D.M.; Emerson, D.; Sun, H.; McDonald, G.D.; Salgado, A.; Fogel M.L.; An examination of the carbon isotope effects associated with amino acid biosynthesis. *Astrobiology* 2006, 6, 867-880.
- (18) Pelz, O.; Cifuentes, L.A.; Hammer, B.T.; Kelley, C.A.; Coffin, R.B.; Tracing the assimilation of organic compounds using $\delta_{13}\text{C}$ analysis of unique amino acids in the bacterial pep-tidoglycan cell wall. *FEMS Microbiol. Ecol.* 1998, 25, 229-240.



Appendix

A Estimated PAH concentration by the GC/MS-screening

Internal standards (d8-naphthalene, d10-acenaphthene, 1-Chlorooctanol) were added to the samples prior to extraction (300 – 800 µg/l) and used to estimate PAH concentration.

sample	sampling campaign	sampling date	naphthalene µg/l	acenaphthene µg/l	fluorene µg/l	acenaphthylene µg/l	phenanthrene µg/l	anthracene µg/l	dibenzofuran µg/l	dibenzothiophene µg/l	pyrene µg/l
P8101	1 st	Jun 21	6625	310	224	<5	344	33	200	33	27
	2 nd	Jul 21	5103	280	171	<5	290	42	147	31	47
	3 rd	Aug 21	3478	165	79	<5	88	11	76	10	11
	4 th	Oct 21	4506	196	132	<5	202	22	133	18	10
	5 th	Feb 22	2777	74	36	<5	34	4	43	3	<5
	6 th	Jul 22	5935	171	87	<5	79	10	108	<5	<5
P8102	1 st	Jul 21	10162	163	96	<5	86	7	113	8	<5
	2 nd	Feb 22	19928	260	111	<5	100	34	178	<5	<5
	3 rd	Jul 22	8786	162	89	<5	97	30	115	<5	<5
P8103	1 st	Jul 21	38	285	150	<5	99	10	191	15	4
	2 nd	Feb 22	16	280	135	<5	53	<5	180	<5	<5
	3 rd	Jul 22	21	139	53	<5	<5	<5	<5	<5	<5
P8104	1 st	Jun 21	3638	790	410	<5	426	56	415	68	54
	2 nd	Jul 21	4367	957	343	<5	200	10	555	24	5
	3 rd	Aug 21	5858	806	253	<5	142	4	404	15	<5
	4 th	Oct 21	7486	867	317	<5	349	32	406	34	16
	5 th	Feb 22	385	132	72	<5	<5	55	<5	<5	<5
	6 th	Jul 22	397	83	44	<5	26	<5	45	<5	<5
P8105	1 st	Jul 21	409	68	36	<5	11	7	34	5	3
	2 nd	Feb 22	77	267	33	<5	<5	<5	92	<5	<5
	3 rd	Jul 22	39	62	<5	<5	<5	<5	23	<5	<5
P8106	1 st	Jun 21	5049	1102	558	<5	534	44	547	64	67
	2 nd	Jul 21	4398	963	330	<5	199	13	553	24	<5
	3 rd	Aug 21	5899	807	249	<5	138	<5	404	17	<5
	4 th	Oct 21	7486	867	317	<5	349	32	406	34	16
	5 th	Feb 22	7116	940	336	<5	193	8	500	18	<5
	6 th	Jul 22	3193	381	115	<5	52	<5	219	8	<5
P8107	1 st	Jul 21	2405	280	33	<5	18	<5	46	<5	<5
	2 nd	Feb 22	4802	202	69	<5	36	<5	93	<5	<5
	3 rd	Jul 22	1622	134	52	<5	49	<5	74	6	<5
P8108	1 st	Jul 21	124	62	27	<5	26	<5	27	4	<5
	2 nd	Feb 22	19	47	18	<5	12	<5	19	<5	<5
	3 rd	Jul 22	32	71	37	<5	36	5	<5	3	<5
P8109	1 st	Jul 21	16920	1518	1778	<5	4558	406	1325	541	804
	2 nd	Feb 22	24841	554	460	<5	802	32	481	88	<5
	3 rd	Jul 22	17362	820	912	<5	2321	249	803	233	61



Identification of peaks detected by GC/MS-screening using mass-spectra comparison with the NIST data base

8101 1st

Header=,"PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"
1=, 1, 14.6664, 0.1075,"Toluene", 2400,"000108-88-3",93
2=, 2, 19.8012, 0.5943,"Ethylbenzene", 4954,"000100-41-4",95
3=, 3, 20.2235, 0.8286,"Benzene, 1,3-dimethyl-", 4970,"000108-38-3",97
4=, 4, 21.3332, 0.3798,"o-Xylene", 4953,"000095-47-6",97
5=, 5, 22.8389, 0.0488,"Benzene, (1-methylethyl)-", 9120,"000098-82-8",90
6=, 6, 24.1370, 0.0327,"Benzene, propyl-", 9110,"000103-65-1",87
7=, 7, 24.4361, 0.2880,"Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9132,"000611-14-3",94
8=, 8, 24.5314, 0.1503,"Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9129,"000611-14-3",94
9=, 9, 24.7614, 0.1750,"Benzene, 1,3,5-trimethyl-", 9116,"000108-67-8",94
10=, 10, 25.1930, 0.1057,"Benzene, 1,3,5-trimethyl-", 9116,"000108-67-8",90
11=, 11, 25.6482, 0.2738,"Benzofuran", 8671,"000271-89-6",91
12=, 12, 25.8038, 0.4061,"Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9125,"000526-73-8",97
13=, 13, 26.9192, 0.1941,"Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9115,"000526-73-8",95
14=, 14, 27.3980, 3.8369,"Indane", 8675,"000496-11-7",93
15=, 15, 27.6402, 0.1013,"Indene", 8169,"000095-13-6",87
16=, 16, 28.2600, 0.0979,"Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethyl-", 14401,"000934-80-5",94
17=, 17, 29.2670, 0.0537,"Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethyl-", 14401,"000934-80-5",96
18=, 18, 29.3349, 0.1364,"Indan, 1-methyl-", 13588,"000767-58-8",93
19=, 19, 29.5718, 0.1562,"Benzofuran, 7-methyl-", 14066,"017059-52-8",94
20=, 20, 29.7826, 0.4545,"Benzofuran, 2-methyl-", 14063,"004265-25-2",94
21=, 21, 29.9286, 0.1283,"Benzofuran, 2-methyl-", 14068,"004265-25-2",94
22=, 22, 30.5583, 0.0525,"1,3-Cyclopentadiene, 1,2,3,4-tetramethyl-5-methylene-", 14460,"076089-59-3",97
23=, 23, 31.1952, 0.1658,"Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609,"003454-07-7",94
24=, 24, 31.4750, 0.1072,"Benzene, 1-butynyl-", 12682,"000622-76-4",95
25=, 25, 31.5539, 0.2640,"Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609,"003454-07-7",94
26=, 26, 31.6499, 0.2292,"1H-Indene, 1-methyl-", 12686,"000767-59-9",95
27=, 27, 32.5261, 2.1312,"Naphthalene-D8", 15146,"001146-65-2",94
28=, 28, 32.6485, 4.84086,"Azulene", 11574,"000275-51-4",93
29=, 29, 32.7882, 2.7210,"2-Benzothiophene", 14779,"000270-82-6",94
30=, 30, 33.1410, 0.0998,".alpha.,.beta.,.beta.-Trimethylstyrene", 20833,"000769-57-3",53
31=, 31, 34.3006, 0.0437,"Cycloprop[a]inden-6-ol, 1,1a,6,6a-tetrahydro-", 20767,"022228-27-9",47
32=, 32, 34.6608, 0.0760,"Benzo[b]thiophene, 2,3-dihydro-", 15820,"004565-32-6",87
33=, 33, 34.8010, 0.0446,"1H-Indene, 2,3-dihydro-4,7-dimethyl-", 20832,"006682-71-9",95
34=, 34, 35.2390, 0.0678,"Benzene, 2-ethenyl-1,3,5-trimethyl-", 20821,"000769-25-5",64
35=, 35, 35.8437, 0.1607,"Benzo[b]thiophene, 4-methyl-", 22366,"014315-11-8",90
36=, 36, 36.1216, 4.8388,"Naphthalene, 2-methyl-", 18568,"000091-57-6",96
37=, 37, 36.2894, 0.2275,"Benzo[b]thiophene, 2-methyl-", 22370,"001195-14-8",76
38=, 38, 36.4667, 0.1539,"3-Methylbenzothiophene", 22364,"001455-18-1",89
39=, 39, 36.6104, 3.1023,"Naphthalene, 2-methyl-", 18568,"000091-57-6",96
40=, 40, 38.3755, 1.0164,"Biphenyl", 25992,"000092-52-4",96
41=, 41, 38.9675, 0.3183,"Naphthalene, 1-ethyl-", 27281,"001127-76-0",97
42=, 42, 39.2893, 0.3358,"Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314,"000575-43-9",98
43=, 43, 39.3363, 0.3534,"Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27310,"000575-41-7",97
44=, 44, 39.6975, 0.8348,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",97
45=, 45, 39.8052, 0.4939,"Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314,"000575-43-9",98
46=, 46, 40.2566, 0.2820,"Naphthalene, 1,4-dimethyl-", 27312,"000571-58-4",97
47=, 47, 40.3271, 0.1266,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27286,"000581-42-0",95
48=, 48, 40.6631, 0.1388,"Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314,"000575-43-9",96
49=, 49, 41.2651, 3.8022,"Acenaphthene-d10", 32157,"015067-26-2",52
50=, 50, 41.4144, 4.0476,"Acenaphthene", 25996,"000083-32-9",94
51=, 51, 41.9539, 0.0608,"Azulene, 4,6,8-trimethyl-", 36476,"000941-81-1",91
52=, 52, 42.1202, 0.1227,"1-Isopropenyl-naphthalene", 35108,"001855-47-6",70
53=, 53, 42.2525, 2.7271,"Dibenzofuran", 35097,"000132-64-9",91
54=, 54, 42.3895, 0.0624,"Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36485,"002245-38-7",76
55=, 55, 42.5101, 0.1043,"Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488,"000829-26-5",96



56=, 56, 42.6656, 0.0958, "Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488, "000829-26-5", 98
 57=, 57, 43.0528, 0.0947, "Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36485, "002245-38-7", 96
 58=, 58, 43.1714, 0.0762, "Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488, "000829-26-5", 96
 59=, 59, 43.5045, 0.1416, "Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488, "000829-26-5", 95
 60=, 60, 43.7486, 0.0295, "4,4'-Dimethylbiphenyl", 44664, "000613-33-2", 43
 61=, 61, 43.8440, 0.0351, "1,1'-Biphenyl, 3,4'-dimethyl-", 44678, "007383-90-6", 60
 62=, 62, 43.9368, 2.9297, "Fluorene", 33580, "000086-73-7", 97
 63=, 63, 44.1098, 0.1126, "Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36487, "002245-38-7", 58
 64=, 64, 44.2711, 0.1041, "1-Isopropenyl-naphthalene", 35108, "001855-47-6", 90
 65=, 65, 44.4435, 0.3383, "Fluorene, 2,4a-dihydro-", 35107, "059247-36-8", 87
 66=, 66, 44.6382, 0.1449, "1,1'-Biphenyl, 2-methyl-", 35119, "000643-58-3", 90
 67=, 67, 44.8601, 0.3007, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 93
 68=, 68, 45.2099, 0.3800, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 92
 69=, 69, 45.4722, 0.0701, "9H-Fluoren-9-ol", 44602, "001689-64-1", 86
 70=, 70, 46.0786, 0.0953, "Anthracene, 9,10-dihydro-", 43253, "000613-31-0", 95
 71=, 71, 46.7249, 0.1990, "9H-Fluorene, 2-methyl-", 43235, "001430-97-3", 97
 72=, 72, 46.8786, 0.0743, "9H-Fluorene, 2-methyl-", 43235, "001430-97-3", 87
 73=, 73, 47.1419, 0.0833, "9H-Fluorene, 9-methyl-", 43239, "002523-37-7", 95
 74=, 74, 47.5146, 0.0529, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243, "000605-67-4", 55
 75=, 75, 47.9430, 0.4672, "Dibenzothiophene", 46035, "000132-65-0", 96
 76=, 76, 48.5745, 4.5285, "Phenanthrene", 41765, "000085-01-8", 96
 77=, 77, 48.8214, 0.4917, "Anthracene", 41759, "000120-12-7", 95
 78=, 78, 49.2247, 0.4590, "5H-Indeno[1,2-b]pyridine", 34225, "000244-99-5", 94
 79=, 79, 51.0893, 0.2401, "Anthracene, 2-methyl-", 51396, "000613-12-7", 95
 80=, 80, 51.2241, 0.1613, "Anthracene, 2-methyl-", 51396, "000613-12-7", 95
 81=, 81, 51.6613, 0.3080, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50048, "000203-64-5", 70
 82=, 82, 51.7939, 0.1341, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 53
 83=, 83, 52.6594, 0.0450, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 62
 84=, 84, 55.4173, 1.2592, "Fluoranthene", 58556, "000206-44-0", 91
 85=, 85, 57.0556, 0.2764, "Pyrene", 58551, "000129-00-0", 91

8101 2nd

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"
 1=, 1, 14.6227, 0.1052, "Toluene", 2400, "000108-88-3", 90
 2=, 2, 19.7638, 0.5562, "Ethylbenzene", 4954, "000100-41-4", 94
 3=, 3, 20.1861, 0.7044, "o-Xylene", 4953, "000095-47-6", 97
 4=, 4, 21.2949, 0.3582, "Benzene, 1,3-dimethyl-", 4970, "000108-38-3", 97
 5=, 5, 22.7996, 0.0437, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9118, "000526-73-8", 87
 6=, 6, 24.4024, 0.2258, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9130, "000620-14-4", 94
 7=, 7, 24.4967, 0.1055, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9129, "000611-14-3", 94
 8=, 8, 24.7266, 0.1389, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9125, "000526-73-8", 95
 9=, 9, 25.1572, 0.0849, "Benzene, 1-ethyl-4-methyl-", 9136, "000622-96-8", 95
 10=, 10, 25.6125, 0.2975, "Benzofuran", 8671, "000271-89-6", 91
 11=, 11, 25.7698, 0.3524, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9125, "000526-73-8", 97
 12=, 12, 26.8857, 0.1954, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9115, "000526-73-8", 95
 13=, 13, 27.3636, 3.7213, "Indane", 8675, "000496-11-7", 93
 14=, 14, 27.6022, 0.0733, "Benzene, 1-propynyl-", 8170, "000673-32-5", 93
 15=, 15, 28.2213, 0.0785, "Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethyl-", 14401, "000934-80-5", 95
 16=, 16, 29.2355, 0.0463, "Benzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl-", 14394, "000874-41-9", 97
 17=, 17, 29.3003, 0.1218, "Indan, 1-methyl-", 13588, "000767-58-8", 90
 18=, 18, 29.5371, 0.1468, "Benzofuran, 2-methyl-", 14063, "004265-25-2", 91
 19=, 19, 29.7483, 0.3993, "Benzofuran, 2-methyl-", 14063, "004265-25-2", 94
 20=, 20, 29.8953, 0.0834, "Benzofuran, 2-methyl-", 14067, "004265-25-2", 94
 21=, 21, 30.5233, 0.0463, "Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-", 14429, "000527-84-4", 95
 22=, 22, 31.1601, 0.1432, "1H-Indene, 2,3-dihydro-5-methyl-", 13626, "000874-35-1", 91
 23=, 23, 31.4417, 0.0988, "2-Methylindene", 12678, "002177-47-1", 97
 24=, 24, 31.5205, 0.2266, "1H-Indene, 2,3-dihydro-4-methyl-", 13627, "000824-22-6", 93
 25=, 25, 31.6148, 0.2001, "1H-Indene, 1-methyl-", 12686, "000767-59-9", 96
 26=, 26, 31.9919, 0.0876, "Cyclopentasiloxane, decamethyl-", 161016, "000541-02-6", 91
 27=, 27, 32.4940, 6.8476, "Naphthalene-D8", 15146, "001146-65-2", 94



28=, 28, 32.6124,41.9291,"Naphthalene", 11576,"000091-20-3",94
 29=, 29, 32.7541, 2.9367,"2-Benzothiophene", 14779,"000270-82-6",93
 30=, 30, 33.1092, 0.2431,"Naphthalene", 11578,"000091-20-3",72
 31=, 31, 34.6223, 0.0919,"Benzo[b]thiophene, 2,3-dihydro-", 15820,"004565-32-6",94
 32=, 32, 35.8135, 0.1366,"Benzo[b]thiophene, 4-methyl-", 22366,"014315-11-8",94
 33=, 33, 36.0893, 3.5303,"Naphthalene, 2-methyl-", 18568,"000091-57-6",96
 34=, 34, 36.2592, 0.2407,"Benzo[b]thiophene, 6-methyl-", 22369,"016587-47-6",76
 35=, 35, 36.4375, 0.1595,"3-Methylbenzothiophene", 22364,"001455-18-1",86
 36=, 36, 36.5765, 2.4581,"Naphthalene, 2-methyl-", 18568,"000091-57-6",96
 37=, 37, 37.3410, 0.2629,"Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-",179152,"000540-97-6",94
 38=, 38, 37.5169, 0.0858,"Nonane, 2,2,4,4,6,8,8-heptamethyl-", 76120,"004390-04-9",86
 39=, 39, 38.3433, 0.7343,"Biphenyl", 25988,"000092-52-4",96
 40=, 40, 38.9355, 0.2489,"Naphthalene, 1-ethyl-", 27277,"001127-76-0",93
 41=, 41, 39.2599, 0.2550,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",98
 42=, 42, 39.3034, 0.2692,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",98
 43=, 43, 39.6671, 0.6595,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",97
 44=, 44, 39.7743, 0.3652,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",98
 45=, 45, 40.2246, 0.2179,"Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27309,"000575-41-7",97
 46=, 46, 40.2951, 0.1066,"Naphthalene, 1,5-dimethyl-", 27317,"000571-61-9",95
 47=, 47, 40.6337, 0.1195,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",95
 48=, 48, 41.2415,10.1570,"Acenaphthene-d10", 32157,"015067-26-2",74
 49=, 49, 41.3854, 3.4085,"Acenaphthene", 25995,"000083-32-9",94
 50=, 50, 41.9206, 0.1015,"Naphthalene, 1-(1-methylethyl)-", 36492,"006158-45-8",93
 51=, 51, 42.0843, 0.3383,"Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-",185541,"000107-50-6",76
 52=, 52, 42.2222, 1.7939,"Dibenzofuran", 35097,"000132-64-9",91
 53=, 53, 42.3525, 0.0979,"Dibenzofuran", 35097,"000132-64-9",42
 54=, 54, 42.4778, 0.1334,"Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36486,"002245-38-7",96
 55=, 55, 42.6335, 0.1339,"Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488,"000829-26-5",96
 56=, 56, 43.0235, 0.1184,"Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36489,"000829-26-5",97
 57=, 57, 43.1425, 0.1103,"Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36486,"002245-38-7",96
 58=, 58, 43.4750, 0.1088,"Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482,"002131-42-2",94
 59=, 59, 43.5155, 0.0467,"Naphthalene, 1,4,5-trimethyl-", 36481,"002131-41-1",90
 60=, 60, 43.8159, 0.0369,"3,3'-Dimethylbiphenyl", 44658,"000612-75-9",95
 61=, 61, 43.9093, 2.0841,"Fluorene", 33580,"000086-73-7",97
 62=, 62, 44.0830, 0.1099,"Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482,"002131-42-2",95
 63=, 63, 44.2435, 0.1150,"1-Isopropenyl-naphthalene", 35108,"001855-47-6",81
 64=, 64, 44.4143, 0.2974,"1,1'-Biphenyl, 3-methyl-", 35114,"000643-93-6",92
 65=, 65, 44.6067, 0.1193,"1,1'-Biphenyl, 2-methyl-", 35119,"000643-58-3",94
 66=, 66, 44.8278, 0.2742,"Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605,"007320-53-8",87
 67=, 67, 45.1799, 0.3000,"Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605,"007320-53-8",94
 68=, 68, 45.4416, 0.0802,"Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605,"007320-53-8",93
 69=, 69, 46.0499, 0.1228,"Anthracene, 9,10-dihydro-", 43253,"000613-31-0",95
 70=, 70, 46.2553, 0.1231,"N-(Trifluoroacetyl)-N,O,O'-tetrakis(trimethylsilyl)norepinephrine",187076,"1000072-26-7",38
 71=, 71, 46.5206, 0.0825,"Dodecane", 36429,"000112-40-3",42
 72=, 72, 46.6979, 0.1971,"9H-Fluorene, 2-methyl-", 43235,"001430-97-3",96
 73=, 73, 46.7712, 0.0656,"Pentadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-",104287,"001921-70-6",64
 74=, 74, 46.8521, 0.0879,"9H-Fluorene, 2-methyl-", 43235,"001430-97-3",96
 75=, 75, 47.1168, 0.1233,"9H-Fluorene, 2-methyl-", 43235,"001430-97-3",93
 76=, 76, 47.4870, 0.0870,"Phenol, 4-(2-phenylethenyl)-", 54476,"003839-46-1",78
 77=, 77, 47.5986, 0.0559,"Perimidine, 2-ethyl-", 54398,"028478-13-9",60
 78=, 78, 47.9184, 0.3807,"Dibenzothiophene", 46032,"000132-65-0",96
 79=, 79, 48.5489, 3.5317,"Phenanthrene", 41763,"000085-01-8",96
 80=, 80, 48.7946, 0.5098,"Phenanthrene", 41765,"000085-01-8",96
 81=, 81, 49.1973, 0.5082,"5H-Indeno[1,2-b]pyridine", 34225,"000244-99-5",95
 82=, 82, 49.8235, 0.0810,"1,1,1,5,7,7,7-Heptamethyl-3,3-bis(trimethylsiloxy)tetrasiloxane",179156,"038147-00-1",40
 83=, 83, 51.0577, 0.3041,"Phenanthrene, 2-methyl-", 51412,"002531-84-2",97
 84=, 84, 51.1992, 0.1998,"Anthracene, 2-methyl-", 51396,"000613-12-7",97
 85=, 85, 51.6316, 0.3785,"4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50049,"000203-64-5",93
 86=, 86, 51.7679, 0.1994,"Phenanthrene, 2-methyl-", 51412,"002531-84-2",95
 87=, 87, 52.0470, 0.0548,"4-Methylcarbazole", 43881,"003770-48-7",95



88=, 88, 52.6216, 0.0621, "Naphthalene, 2-phenyl-", 60118, "000612-94-2", 86
 89=, 89, 53.4788, 0.0586, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243, "000605-67-4", 41
 90=, 90, 55.3805, 1.7083, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 97
 91=, 91, 57.0137, 0.5724, "Pyrene", 58555, "000129-00-0", 95

8101 3rd

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"
 1=, 1, 14.6126, 0.1087, "Toluene", 2400, "000108-88-3", 87
 2=, 2, 19.7567, 0.6109, "Ethylbenzene", 4954, "000100-41-4", 95
 3=, 3, 20.1788, 0.7618, "Benzene, 1,3-dimethyl-", 4970, "000108-38-3", 97
 4=, 4, 21.2889, 0.3789, "o-Xylene", 4952, "000095-47-6", 97
 5=, 5, 22.7901, 0.0577, "Benzene, (1-methylethyl)-", 9120, "000098-82-8", 94
 6=, 6, 24.3956, 0.2212, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9132, "000611-14-3", 95
 7=, 7, 24.4892, 0.1232, "Benzene, 1,3,5-trimethyl-", 9116, "000108-67-8", 91
 8=, 8, 24.7202, 0.1434, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9115, "000526-73-8", 95
 9=, 9, 25.1511, 0.0974, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9132, "000611-14-3", 91
 10=, 10, 25.6080, 0.2324, "Benzofuran", 8671, "000271-89-6", 90
 11=, 11, 25.7625, 0.4096, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9125, "000526-73-8", 97
 12=, 12, 26.8785, 0.2166, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9115, "000526-73-8", 94
 13=, 13, 27.3558, 3.9833, "Indane", 8675, "000496-11-7", 93
 14=, 14, 27.5967, 0.0921, "Benzene, 1-propynyl-", 8172, "000673-32-5", 94
 15=, 15, 28.2152, 0.0779, "Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-", 14429, "000527-84-4", 94
 16=, 16, 29.2947, 0.1419, "Benzene, (2-methyl-1-propenyl)-", 13619, "000768-49-0", 91
 17=, 17, 29.5321, 0.1621, "3-Phenyl-2-propyn-1-ol", 14071, "001504-58-1", 91
 18=, 18, 29.7418, 0.4021, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066, "017059-52-8", 94
 19=, 19, 29.8894, 0.0792, "Benzofuran, 2-methyl-", 14067, "004265-25-2", 91
 20=, 20, 31.1537, 0.1469, "Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609, "003454-07-7", 94
 21=, 21, 31.4343, 0.1012, "2-Methylindene", 12678, "002177-47-1", 96
 22=, 22, 31.5143, 0.2438, "3-Phenylbut-1-ene", 13589, "000934-10-1", 90
 23=, 23, 31.6090, 0.2102, "1H-Indene, 1-methyl-", 12686, "000767-59-9", 96
 24=, 24, 31.9856, 0.0861, "Cyclopentasiloxane, decamethyl-", 161016, "000541-02-6", 87
 25=, 25, 32.4844, 10.4105, "Naphthalene-D8", 15146, "001146-65-2", 94
 26=, 26, 32.5959, 43.4445, "Naphthalene", 11576, "000091-20-3", 97
 27=, 27, 32.7445, 3.0102, "2-Benzothiophene", 14779, "000270-82-6", 94
 28=, 28, 33.1014, 0.1119, "Azulene", 11574, "000275-51-4", 83
 29=, 29, 34.6172, 0.1187, "Benzo[b]thiophene, 2,3-dihydro-", 15820, "004565-32-6", 90
 30=, 30, 35.8058, 0.1872, "Benzo[b]thiophene, 6-methyl-", 22369, "016587-47-6", 94
 31=, 31, 36.0806, 2.6127, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566, "000090-12-0", 96
 32=, 32, 36.2466, 0.2018, "Benzo[b]thiophene, 5-methyl-", 22367, "014315-14-1", 70
 33=, 33, 36.4294, 0.1479, "3-Methylbenzothiophene", 22363, "001455-18-1", 70
 34=, 34, 36.5706, 2.2814, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 96
 35=, 35, 37.3360, 0.1775, "Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-", 179152, "000540-97-6", 94
 36=, 36, 38.3390, 0.6176, "Biphenyl", 25992, "000092-52-4", 96
 37=, 37, 38.9306, 0.1598, "Naphthalene, 1-ethyl-", 27281, "001127-76-0", 87
 38=, 38, 39.2591, 0.1457, "Naphthalene, 1,7-dimethyl-", 27288, "000575-37-1", 97
 39=, 39, 39.2991, 0.1506, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27297, "000582-16-1", 97
 40=, 40, 39.6619, 0.4575, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 98
 41=, 41, 39.7691, 0.2658, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 98
 42=, 42, 40.2186, 0.1447, "Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27293, "000575-41-7", 97
 43=, 43, 40.2907, 0.0745, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27299, "000581-40-8", 94
 44=, 44, 40.6281, 0.0685, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27297, "000582-16-1", 93
 45=, 45, 41.2359, 15.3381, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 83
 46=, 46, 41.3784, 3.0351, "Acenaphthene", 25996, "000083-32-9", 93
 47=, 47, 42.0794, 0.1799, "Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-", 185541, "000107-50-6", 60
 48=, 48, 42.2141, 1.4031, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 91
 49=, 49, 43.9009, 1.4548, "Fluorene", 33580, "000086-73-7", 97
 50=, 50, 44.4113, 0.1704, "1,1'-Biphenyl, 2-methyl-", 35111, "000643-58-3", 55
 51=, 51, 44.8215, 0.1906, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 86
 52=, 52, 45.1757, 0.1294, "2,4,6-Cycloheptatrien-1-one, 2-phenyl-", 44611, "014562-09-5", 87
 53=, 53, 46.0456, 0.0795, "Anthracene, 9,10-dihydro-", 43251, "000613-31-0", 83



54=, 54, 46.2497, 0.0673, "Benzoic acid, 2,4-bis[(trimethylsilyloxy)-, trimethylsilyl ester",161138,"010586-16-0",27
 55=, 55, 46.6907, 0.0476, "9H-Fluorene, 1-methyl-", 43242,"001730-37-6",92
 56=, 56, 47.9125, 0.1835, "Dibenzothiophene", 46032,"000132-65-0",95
 57=, 57, 48.5393, 1.6228, "Phenanthrene", 41765,"000085-01-8",96
 58=, 58, 48.7928, 0.2093, "Anthracene", 41759,"000120-12-7",96
 59=, 59, 49.1936, 0.3896, "5H-Indeno[1,2-b]pyridine", 34225,"000244-99-5",94
 60=, 60, 51.0073, 0.1847, "3-Methylcarbazole", 43882,"004630-20-0",87
 61=, 61, 51.1897, 0.0849, "Anthracene, 2-methyl-", 51396,"000613-12-7",90
 62=, 62, 51.6240, 0.1717, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50049,"000203-64-5",50
 63=, 63, 51.7619, 0.0995, "1H-1,2,4-Triazole-5(4H)-thione, 4-allyl-3-(3-furyl)-", 62367,"1000277-38-2",43
 64=, 64, 55.3833, 0.8753, "Fluoranthene", 58557,"000206-44-0",93
 65=, 65, 57.0038, 0.2055, "Fluoranthene", 58557,"000206-44-0",78

8101 4th

Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"
 1=, 1, 14.6447, 0.1430, "Toluene", 2397,"000108-88-3",83
 2=, 2, 19.7814, 0.6125, "Ethylbenzene", 4954,"000100-41-4",94
 3=, 3, 20.2024, 0.8676, "o-Xylene", 4952,"000095-47-6",97
 4=, 4, 21.3126, 0.3983, "o-Xylene", 4952,"000095-47-6",97
 5=, 5, 24.4189, 0.2387, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9132,"000611-14-3",95
 6=, 6, 24.5151, 0.1103, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9129,"000611-14-3",94
 7=, 7, 24.7424, 0.1410, "Benzene, 1,3,5-trimethyl-", 9116,"000108-67-8",94
 8=, 8, 25.1745, 0.0820, "Benzene, 1-ethyl-4-methyl-", 9136,"000622-96-8",94
 9=, 9, 25.6284, 0.3121, "Benzofuran", 8669,"000271-89-6",83
 10=, 10, 25.7850, 0.3849, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9115,"000526-73-8",94
 11=, 11, 26.9000, 0.1870, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9118,"000526-73-8",94
 12=, 12, 27.3778, 3.6522, "Indane", 8675,"000496-11-7",93
 13=, 13, 27.6218, 0.0987, "Indene", 8168,"000095-13-6",87
 14=, 14, 28.2342, 0.0749, "Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-", 14419,"000527-84-4",93
 15=, 15, 29.3165, 0.1140, "Benzene, 1-ethenyl-3-ethyl-", 13607,"007525-62-4",90
 16=, 16, 29.5539, 0.1460, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066,"017059-52-8",97
 17=, 17, 29.7637, 0.4286, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066,"017059-52-8",94
 18=, 18, 29.9117, 0.0876, "Benzofuran, 2-methyl-", 14068,"004265-25-2",95
 19=, 19, 31.1733, 0.1385, "1H-Indene, 2,3-dihydro-5-methyl-", 13626,"000874-35-1",93
 20=, 20, 31.4552, 0.1036, "1H-Indene, 1-methyl-", 12686,"000767-59-9",95
 21=, 21, 31.5337, 0.2345, "Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609,"003454-07-7",94
 22=, 22, 31.6312, 0.2304, "1H-Indene, 1-methyl-", 12686,"000767-59-9",96
 23=, 23, 32.5019, 3.0051, "Naphthalene-D8", 15146,"001146-65-2",94
 24=, 24, 32.6131,53.8047, "Naphthalene", 11578,"000091-20-3",97
 25=, 25, 32.7618, 2.8905, "Benzo[b]thiophene", 14776,"000095-15-8",94
 26=, 26, 34.6396, 0.0663, "Benzaldehyde, 4-methoxy-", 15756,"000123-11-5",58
 27=, 27, 35.8254, 0.1222, "Benzo[b]thiophene, 5-methyl-", 22367,"014315-14-1",94
 28=, 28, 36.1001, 4.6068, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566,"000090-12-0",96
 29=, 29, 36.2681, 0.2244, "3-Methylbenzothiophene", 22364,"001455-18-1",87
 30=, 30, 36.4462, 0.1404, "3-Methylbenzothiophene", 22363,"001455-18-1",76
 31=, 31, 36.5888, 2.7337, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568,"000091-57-6",96
 32=, 32, 38.3560, 0.8682, "Biphenyl", 25988,"000092-52-4",96
 33=, 33, 38.9482, 0.2384, "Naphthalene, 1-ethyl-", 27277,"001127-76-0",94
 34=, 34, 39.2722, 0.2415, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27296,"000582-16-1",97
 35=, 35, 39.3149, 0.2778, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",98
 36=, 36, 39.6783, 0.6473, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",98
 37=, 37, 39.7868, 0.3745, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",98
 38=, 38, 40.2392, 0.2263, "Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27293,"000575-41-7",96
 39=, 39, 40.3071, 0.1075, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",93
 40=, 40, 40.6464, 0.1153, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",95
 41=, 41, 41.2448, 4.6479, "Acenaphthene-d10", 32157,"015067-26-2",74
 42=, 42, 41.3930, 3.4542, "Acenaphthene", 25995,"000083-32-9",94
 43=, 43, 42.0971, 0.0992, "Benzene, [1-(2,4-cyclopentadien-1-ylidene)ethyl]-", 35123,"002320-32-3",50
 44=, 44, 42.2323, 2.3468, "Dibenzofuran", 35097,"000132-64-9",91
 45=, 45, 42.4909, 0.0742, "Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488,"000829-26-5",90



46=, 46, 42.6431, 0.0552, "Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36485,"002245-38-7",96
 47=, 47, 43.0345, 0.0725, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482,"002131-42-2",89
 48=, 48, 43.4875, 0.0944, "Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488,"000829-26-5",47
 49=, 49, 43.9193, 2.3280, "Fluorene", 33580,"000086-73-7",97
 50=, 50, 44.4248, 0.2446, "1,1'-Biphenyl, 3-methyl-", 35114,"000643-93-6",83
 51=, 51, 44.6212, 0.0907, "1,1'-Biphenyl, 2-methyl-", 35111,"000643-58-3",83
 52=, 52, 44.8429, 0.2394, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605,"007320-53-8",90
 53=, 53, 45.1961, 0.3070, "[1,1'-Biphenyl]-4-carboxaldehyde", 44610,"003218-36-8",86
 54=, 54, 45.4570, 0.0617, "Pyrrolo[2,3-f]quinoline, 3-acetonitrile-", 62206,"087361-85-1",47
 55=, 55, 46.0637, 0.0884, "Acridine-9-carbaldehyde", 62218,"1000318-45-4",50
 56=, 56, 46.7060, 0.1342, "9H-Fluorene, 1-methyl-", 43232,"001730-37-6",95
 57=, 57, 46.8624, 0.0471, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243,"000605-67-4",72
 58=, 58, 47.9270, 0.3193, "Naphtho[2,3-b]thiophene", 46038,"000268-77-9",93
 59=, 59, 48.5542, 3.5524, "Phenanthrene", 41763,"000085-01-8",96
 60=, 60, 48.8064, 0.3939, "Phenanthrene", 41766,"000085-01-8",92
 61=, 61, 49.2067, 0.5022, "5H-Indeno[1,2-b]pyridine", 34225,"000244-99-5",93
 62=, 62, 51.0726, 0.2058, "Anthracene, 9-ethyl-9,10-dihydro-9,10-dimethyl-", 82678,"054947-86-3",56
 63=, 63, 51.2085, 0.1316, "9,10-Methanoanthracen-11-ol, 9,10-dihydro-9,10,11-trimethyl-", 92233,"126615-74-5",72
 64=, 64, 51.6400, 0.2554, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50048,"000203-64-5",41
 65=, 65, 51.7781, 0.1006, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",58
 66=, 66, 55.3725, 0.4981, "Fluoranthene", 58557,"000206-44-0",91
 67=, 67, 57.0282, 0.1775, "Pyrene", 58555,"000129-00-0",81

8101 5th

Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"

1=, 1, 14.5815, 0.1949, "Toluene", 2400,"000108-88-3",74
 2=, 2, 19.7358, 0.8773, "Ethylbenzene", 4954,"000100-41-4",95
 3=, 3, 20.1579, 1.2119, "Benzene, 1,3-dimethyl-", 4970,"000108-38-3",97
 4=, 4, 21.2686, 0.5862, "p-Xylene", 4950,"000106-42-3",97
 5=, 5, 24.3796, 0.3221, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9135,"000620-14-4",91
 6=, 6, 24.4759, 0.1619, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9133,"000620-14-4",80
 7=, 7, 24.7052, 0.1912, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9118,"000526-73-8",94
 8=, 8, 25.1389, 0.1113, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9135,"000620-14-4",64
 9=, 9, 25.5943, 0.4668, "2H-1-Benzopyran-2-one", 21396,"000091-64-5",64
 10=, 10, 25.7488, 0.5250, "Benzene, 1,2,4-trimethyl-", 9126,"000095-63-6",91
 11=, 11, 26.8658, 0.2927, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9115,"000526-73-8",81
 12=, 12, 27.3408, 4.9627, "Indane", 8677,"000496-11-7",81
 13=, 13, 27.5829, 0.1264, "Benzene, 1-propynyl-", 8172,"000673-32-5",80
 14=, 14, 29.2846, 0.1322, "Benzene, 1-ethenyl-3-ethyl-", 13607,"007525-62-4",87
 15=, 15, 29.5240, 0.1922, "Benzofuran, 2-methyl-", 14067,"004265-25-2",87
 16=, 16, 29.7374, 0.5607, "3-Phenyl-2-propyn-1-ol", 14071,"001504-58-1",91
 17=, 17, 29.8831, 0.1133, "Benzofuran, 2-methyl-", 14067,"004265-25-2",90
 18=, 18, 31.1486, 0.2042, "Benzene, 1-butenyl-, (E)-", 13605,"001005-64-7",89
 19=, 19, 31.4251, 0.1204, "Triquinacene", 12676,"006053-74-3",95
 20=, 20, 31.5051, 0.2781, "1-Phenyl-1-butene", 13590,"000824-90-8",93
 21=, 21, 31.6017, 0.2681, "Benzene, 1-butyryl-", 12682,"000622-76-4",91
 22=, 22, 32.4691, 3.7325, "Naphthalene-D8", 15147,"001146-65-2",97
 23=, 23, 32.5681, 57.1129, "Naphthalene", 11578,"000091-20-3",97
 24=, 24, 32.7316, 3.7179, "Benzo[b]thiophene", 14778,"000095-15-8",93
 25=, 25, 34.6132, 0.1144, "Benzo[b]thiophene, 2,3-dihydro-", 15822,"004565-32-6",68
 26=, 26, 35.8027, 0.1191, "3-Methylbenzothiophene", 22363,"001455-18-1",83
 27=, 27, 36.0781, 4.2791, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566,"000090-12-0",96
 28=, 28, 36.2529, 0.1923, "1,4-Benzenedicarboxaldehyde, 2-methyl-", 22357,"027587-17-3",52
 29=, 29, 36.5691, 2.4392, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566,"000090-12-0",97
 30=, 30, 38.3406, 0.6639, "Biphenyl", 25988,"000092-52-4",95
 31=, 31, 38.9328, 0.1149, "Naphthalene, 1-ethyl-", 27277,"001127-76-0",74
 32=, 32, 39.2625, 0.1404, "Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27309,"000575-41-7",96
 33=, 33, 39.3030, 0.1392, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314,"000575-43-9",96
 34=, 34, 39.6637, 0.3661, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27294,"000582-16-1",95
 35=, 35, 39.7717, 0.1821, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27297,"000582-16-1",97



36=, 36, 40.2258, 0.0836, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8",96
 37=, 37, 41.2301, 5.5858, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2",93
 38=, 38, 41.3787, 2.3662, "Acenaphthene", 25994, "000083-32-9",91
 39=, 39, 42.2208, 1.3562, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9",94
 40=, 40, 43.9079, 1.1295, "Fluorene", 33580, "000086-73-7",95
 41=, 41, 44.8383, 0.0920, "Pyrrolo[2,3-f]quinoline, 3-acetonitrile-", 62206, "087361-85-1",46
 42=, 42, 48.5492, 1.0762, "Phenanthrene", 41763, "000085-01-8",95
 43=, 43, 49.2116, 0.2330, "5H-Indeno[1,2-b]pyridine", 34225, "000244-99-5",42
 44=, 44, 55.4152, 2.8637, "Octadecane, 1-chloro-",117264, "003386-33-2",86

8101 6th

Header=,"PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"

1=, 1, 14.2393, 0.2393, "Toluene", 2397, "000108-88-3",90
 2=, 2, 19.4143, 0.8401, "Ethylbenzene", 4954, "000100-41-4",95
 3=, 3, 19.8404, 1.1815, "Benzene, 1,3-dimethyl-", 4970, "000108-38-3",94
 4=, 4, 20.9561, 0.5417, "Benzene, 1,3-dimethyl-", 4970, "000108-38-3",95
 5=, 5, 24.0725, 0.3185, "Benzene, 1,3,5-trimethyl-", 9124, "000108-67-8",91
 6=, 6, 24.1662, 0.1424, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9134, "000611-14-3",83
 7=, 7, 24.3991, 0.1726, "Benzene, 1,3,5-trimethyl-", 9123, "000108-67-8",91
 8=, 8, 24.8321, 0.0982, "Benzene, 1-ethyl-4-methyl-", 9136, "000622-96-8",91
 9=, 9, 25.2848, 0.5174, "Benzofuran", 8669, "000271-89-6",90
 10=, 10, 25.4431, 0.4642, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9118, "000526-73-8",94
 11=, 11, 26.5610, 0.2370, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9125, "000526-73-8",91
 12=, 12, 27.0331, 4.0606, "Indane", 8675, "000496-11-7",87
 13=, 13, 27.2746, 0.1086, "Benzene,1-ethynyl-2-methyl-", 8175, "000766-47-2",83
 14=, 14, 28.9784, 0.1198, "Benzene, 2-ethenyl-1,4-dimethyl-", 13624, "002039-89-6",96
 15=, 15, 29.2142, 0.1952, "Benzofuran, 2-methyl-", 14067, "004265-25-2",91
 16=, 16, 29.4269, 0.5813, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066, "017059-52-8",95
 17=, 17, 29.5740, 0.1281, "Benzofuran, 2-methyl-", 14067, "004265-25-2",95
 18=, 18, 30.8390, 0.1522, "Benzene, 1-methyl-2-(2-propenyl)-", 13641, "001587-04-8",87
 19=, 19, 31.1161, 0.1298, "Benzene, 1-butynyl-", 12681, "000622-76-4",87
 20=, 20, 31.1985, 0.2317, "1-Phenyl-1-butene", 13590, "000824-90-8",90
 21=, 21, 31.2940, 0.2435, "Benzene, 1-butynyl-", 12681, "000622-76-4",93
 22=, 22, 32.1573, 7.4889, "Naphthalene-D8", 15147, "001146-65-2",95
 23=, 23, 32.2600,53.3347, "Naphthalene", 11578, "000091-20-3",93
 24=, 24, 32.4190, 3.3811, "Benzo[b]thiophene", 14777, "000095-15-8",91
 25=, 25, 32.7881, 0.1000, "Benzene, (1-methyl-1-butenyl)-", 20812, "053172-84-2",49
 26=, 26, 34.2898, 0.0781, "Benzaldehyde, 3-methoxy-", 15755, "000591-31-1",47
 27=, 27, 35.4865, 0.1142, "2-Methyl-5-hydroxybenzofuran", 22337, "006769-56-8",83
 28=, 28, 35.7628, 3.7232, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6",97
 29=, 29, 35.9340, 0.2275, "3-Methylbenzothiophene", 22364, "001455-18-1",91
 30=, 30, 36.1112, 0.1607, "Benzo[b]thiophene, 2-methyl-", 22368, "001195-14-8",62
 31=, 31, 36.2519, 2.1544, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6",97
 32=, 32, 38.0263, 0.6226, "Biphenyl", 25992, "000092-52-4",93
 33=, 33, 38.6176, 0.1835, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8",58
 34=, 34, 38.9415, 0.1373, "Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27309, "000575-41-7",91
 35=, 35, 38.9805, 0.1219, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27284, "000582-16-1",95
 36=, 36, 39.3464, 0.3262, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27294, "000582-16-1",96
 37=, 37, 39.4552, 0.1801, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27303, "000581-42-0",96
 38=, 38, 39.9019, 0.1186, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27284, "000582-16-1",90
 39=, 39, 39.9845, 0.0831, "1,5,9-Cyclododecatriyne", 27282, "060323-50-4",30
 40=, 40, 40.9080, 9.0966, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2",87
 41=, 41, 41.0543, 1.8654, "Acenaphthene", 25993, "000083-32-9",83
 42=, 42, 41.5546, 0.0988, "3,5-Dibutoxy-1,1,1,7,7,7-hexamethyl-3,5-bis(trimethylsiloxy)tetrasiloxane",187743, "072439-85-1",35
 43=, 43, 41.6304, 0.1764, "3,5-Diisopropoxy-1,1,1,7,7,7-hexamethyl-3,5-bis(trimethylsiloxy)tetrasiloxane",186781, "071579-67-4",35
 44=, 44, 41.6763, 0.1789, "3,5-Dibutoxy-1,1,1,7,7,7-hexamethyl-3,5-bis(trimethylsiloxy)tetrasiloxane",187743, "072439-85-1",38
 45=, 45, 41.8981, 1.1777, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9",91



46=, 46, 43.5825, 0.9532, "Fluorene", 33580,"000086-73-7",95
 47=, 47, 44.5079, 0.0906,"[1,1'-Biphenyl]-4-carboxaldehyde", 44610,"003218-36-8",46
 48=, 48, 44.8646, 0.0805,"p-Chlorocinnamic acid", 45179,"001615-02-7",43
 49=, 49, 45.9308, 0.1303,"Heptasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13-tetradecamethyl-",184742,"019095-23-9",25
 50=, 50, 47.5975, 0.0894,"Dibenzothiophene", 46035,"000132-65-0",43
 51=, 51, 48.2184, 0.8668,"Phenanthrene", 41767,"000085-01-8",96
 52=, 52, 48.3998, 0.2074,"Corydaline", 61955,"000493-49-2",27
 53=, 53, 48.5103, 0.1103,"Acridine-9-carbaldehyde", 62218,"1000318-45-4",46
 54=, 54, 48.8862, 0.6024,"5H-Indeno[1,2-b]pyridine", 34225,"000244-99-5",95
 55=, 55, 49.5335, 0.0785,"Heptasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13-tetradecamethyl-",184742,"019095-23-9",72
 56=, 56, 50.5368, 0.0843,"Benzene, 2-[(tert-butyl)dimethylsilyloxy]-1-isopropyl-4-methyl-",101373,"330455-64-6",43
 57=, 57, 50.6902, 0.1528,"Pyrido[2,3-d]pyrimidine, 4-phenyl-", 62205,"028732-75-4",43
 58=, 58, 51.2756, 0.0848,"2-Ethylacridine", 62222,"055751-83-2",45
 59=, 59, 54.9616, 0.6352,"Eicosane",113489,"000112-95-8",42

8102 1st

Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"
 1=, 1, 19.7760, 0.6884,"Ethylbenzene", 4954,"000100-41-4",95
 2=, 2, 20.1969, 0.9172,"Benzene, 1,3-dimethyl-", 4970,"000108-38-3",97
 3=, 3, 21.3105, 0.2465,"o-Xylene", 4953,"000095-47-6",97
 4=, 4, 22.8124, 0.0449,"Benzene, (1-methylethyl)-", 9114,"000098-82-8",87
 5=, 5, 24.1123, 0.0275,"Benzene, propyl-", 9110,"000103-65-1",68
 6=, 6, 24.4153, 0.2837,"Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9132,"000611-14-3",94
 7=, 7, 24.5083, 0.1362,"Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9129,"000611-14-3",94
 8=, 8, 24.7385, 0.1568,"Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9115,"000526-73-8",95
 9=, 9, 25.1717, 0.0916,"Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9132,"000611-14-3",95
 10=, 10, 25.6245, 0.4293,"Benzofuran", 8671,"000271-89-6",91
 11=, 11, 25.7810, 0.4084,"Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9115,"000526-73-8",95
 12=, 12, 26.8958, 0.1864,"Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9115,"000526-73-8",97
 13=, 13, 27.3746, 4.1574,"Indane", 8675,"000496-11-7",93
 14=, 14, 27.6166, 0.0741,"Benzene, 1-propynyl-", 8170,"000673-32-5",81
 15=, 15, 28.2304, 0.0675,"Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethyl-", 14401,"000934-80-5",93
 16=, 16, 29.2453, 0.0337,"Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethyl-", 14401,"000934-80-5",95
 17=, 17, 29.3126, 0.1088,"Benzene, 1-ethenyl-3-ethyl-", 13607,"007525-62-4",91
 18=, 18, 29.5492, 0.1635,"Benzofuran, 7-methyl-", 14066,"017059-52-8",94
 19=, 19, 29.7601, 0.5026,"Benzofuran, 2-methyl-", 14063,"004265-25-2",95
 20=, 20, 29.9085, 0.1016,"Benzofuran, 2-methyl-", 14068,"004265-25-2",94
 21=, 21, 30.4148, 0.0197,"Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-", 14379,"000095-93-2",81
 22=, 22, 30.5346, 0.0284,"Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-", 14379,"000095-93-2",93
 23=, 23, 31.1730, 0.1344,"Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609,"003454-07-7",94
 24=, 24, 31.4515, 0.0916,"Benzene, 1-butynyl-", 12681,"000622-76-4",95
 25=, 25, 31.5280, 0.2221,"Indan, 1-methyl-", 13587,"000767-58-8",90
 26=, 26, 31.6282, 0.2090,"1H-Indene, 1-methyl-", 12686,"000767-59-9",96
 27=, 27, 31.9141, 0.0179,"Tricyclo[6.2.2.0(2,7)]dodeca-6,9-diene", 29556,"031080-94-1",64
 28=, 28, 32.5029, 2.6646,"Naphthalene-D8", 15146,"001146-65-2",94
 29=, 29, 32.6250,64.9852,"Naphthalene", 11579,"1000222-12-0",91
 30=, 30, 32.7645, 3.8232,"Benzo[b]thiophene", 14776,"000095-15-8",94
 31=, 31, 33.1104, 0.1918,"Naphthalene", 11578,"000091-20-3",87
 32=, 32, 33.5360, 0.1150,"Azulene", 11572,"000275-51-4",86
 33=, 33, 34.2820, 0.0296,"Naphthalene", 11578,"000091-20-3",38
 34=, 34, 34.6341, 0.0311,"Azulene", 11571,"000275-51-4",53
 35=, 35, 35.2163, 0.0230,"1H-Indene, 2,3-dihydro-1,2-dimethyl-", 20824,"017057-82-8",52
 36=, 36, 35.8239, 0.0981,"3-Methylbenzothiophene", 22363,"001455-18-1",87
 37=, 37, 36.0983, 3.3884,"Naphthalene, 2-methyl-", 18568,"000091-57-6",96
 38=, 38, 36.2703, 0.1916,"3-Methylbenzothiophene", 22364,"001455-18-1",91
 39=, 39, 36.4546, 0.1268,"Benzo[b]thiophene, 5-methyl-", 22367,"014315-14-1",70
 40=, 40, 36.5865, 1.9916,"Naphthalene, 1-methyl-", 18566,"000090-12-0",96
 41=, 41, 38.3545, 0.5243,"Biphenyl", 25992,"000092-52-4",96
 42=, 42, 38.9462, 0.1087,"Naphthalene, 1-ethyl-", 27277,"001127-76-0",93
 43=, 43, 39.2710, 0.0978,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",97



44=, 44, 39.3143, 0.1184, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 97
 45=, 45, 39.6770, 0.2905, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8", 98
 46=, 46, 39.7854, 0.1576, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 97
 47=, 47, 40.2356, 0.0889, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27294, "000582-16-1", 95
 48=, 48, 40.3082, 0.0804, "1H-Indole-2-carbonitrile, 3-methyl-", 27234, "013006-59-2", 55
 49=, 49, 40.6454, 0.0412, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27304, "000581-42-0", 89
 50=, 50, 41.2434, 4.6342, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 74
 51=, 51, 41.3899, 1.8159, "Acenaphthene", 25996, "000083-32-9", 93
 52=, 52, 41.8582, 0.0253, "Pyridine, 4-(phenylmethyl)-", 35752, "002116-65-6", 42
 53=, 53, 42.0977, 0.0380, "1-Isopropenyl-naphthalene", 35108, "001855-47-6", 46
 54=, 54, 42.2291, 1.2605, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 91
 55=, 55, 43.0349, 0.0164, "Acetamide, N-[4-(trimethylsilyl)phenyl]-", 62063, "017983-71-0", 38
 56=, 56, 43.9149, 1.0679, "Fluorene", 33580, "000086-73-7", 97
 57=, 57, 44.2555, 0.0256, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 49
 58=, 58, 44.4228, 0.0816, "1,1'-Biphenyl, 2-methyl-", 35111, "000643-58-3", 64
 59=, 59, 44.6209, 0.0472, "Methyltris(trimethylsiloxy)silane", 130466, "017928-28-8", 47
 60=, 60, 44.8392, 0.0699, "9H-Fluoren-9-ol", 44600, "001689-64-1", 49
 61=, 61, 45.1938, 0.0743, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 49
 62=, 62, 46.0560, 0.0325, "Acridine-9-carbaldehyde", 62218, "1000318-45-4", 50
 63=, 63, 46.7012, 0.0351, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 59
 64=, 64, 47.9294, 0.0909, "Dibenzothiophene", 46035, "000132-65-0", 86
 65=, 65, 48.5523, 0.9511, "Phenanthrene", 41763, "000085-01-8", 96
 66=, 66, 48.7996, 0.0814, "Methyltris(trimethylsiloxy)silane", 130466, "017928-28-8", 47
 67=, 67, 49.2066, 0.4349, "Carbazole", 34223, "000086-74-8", 76
 68=, 68, 51.0181, 0.1213, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 58
 69=, 69, 51.1958, 0.0384, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 72
 70=, 70, 51.6293, 0.0738, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 53
 71=, 71, 51.7713, 0.0426, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 80
 72=, 72, 52.0651, 0.0303, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 74
 73=, 73, 55.3891, 0.1748, "Tetrasiloxane, decamethyl-", 130465, "000141-62-8", 53
 74=, 74, 57.0259, 0.0192, "Pyrene", 73121, "000541-05-9", 72

8102 2nd

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"
 1=, 1, 19.4208, 0.7813, "Ethylbenzene", 4956, "000100-41-4", 95
 2=, 2, 19.8442, 0.9662, "p-Xylene", 4949, "000106-42-3", 94
 3=, 3, 20.9564, 0.2238, "p-Xylene", 4947, "000106-42-3", 91
 4=, 4, 22.4592, 0.0405, "Benzene, (1-methylethyl)-", 9114, "000098-82-8", 72
 5=, 5, 24.0763, 0.2208, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9134, "000611-14-3", 94
 6=, 6, 24.1748, 0.1344, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9135, "000620-14-4", 90
 7=, 7, 24.3978, 0.1333, "2,4-Nonadiyne", 9107, "063621-15-8", 90
 8=, 8, 24.8307, 0.0863, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9134, "000611-14-3", 91
 9=, 9, 25.2864, 0.4948, "Benzofuran", 8671, "000271-89-6", 90
 10=, 10, 25.4411, 0.4181, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9135, "000620-14-4", 91
 11=, 11, 26.5574, 0.2119, "Benzene, 1,2,4-trimethyl-", 9113, "000095-63-6", 90
 12=, 12, 27.0283, 4.3860, "Indane", 8677, "000496-11-7", 81
 13=, 13, 27.2778, 0.0850, "1-Propyne, 3-phenyl-", 8171, "010147-11-2", 52
 14=, 14, 27.9029, 0.0401, "Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl-", 14403, "001758-88-9", 78
 15=, 15, 28.9733, 0.1218, "Benzene, 1-butenyl-, (E)-", 13605, "001005-64-7", 95
 16=, 16, 29.2178, 0.1830, "Benzofuran, 2-methyl-", 14067, "004265-25-2", 90
 17=, 17, 29.4326, 0.5533, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066, "017059-52-8", 97
 18=, 18, 29.5906, 0.1556, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066, "017059-52-8", 93
 19=, 19, 30.8392, 0.1125, "Benzene, 1-butenyl-, (E)-", 13605, "001005-64-7", 94
 20=, 20, 31.1281, 0.0712, "1,4-Dihydronaphthalene", 12688, "000612-17-9", 70
 21=, 21, 31.1902, 0.2201, "Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609, "003454-07-7", 93
 22=, 22, 31.2880, 0.1938, "Benzene, 1-methyl-1,2-propadienyl-", 12704, "022433-39-2", 64
 23=, 23, 32.1497, 2.9156, "Naphthalene-D8", 15147, "001146-65-2", 95
 24=, 24, 32.2543, 69.7215, "Naphthalene", 11572, "000275-51-4", 91
 25=, 25, 32.4120, 4.0335, "Cyclopenta[b]thiapyran", 14781, "000271-17-0", 87
 26=, 26, 32.7875, 0.0772, "Azulene", 11571, "000275-51-4", 45



27=, 27, 35.4869, 0.0733, "3-Methylbenzothiophene", 22363, "001455-18-1", 72
 28=, 28, 35.7589, 2.1233, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 95
 29=, 29, 35.9063, 0.0594, "Benzocycloheptatriene", 18561, "000264-09-5", 35
 30=, 30, 35.9343, 0.0928, "Bicyclo[4.4.1]undeca-1,3,5,7,9-pentaene", 18574, "002443-46-1", 43
 31=, 31, 36.1099, 0.0550, "Benzo[b]thiophene, 5-methyl-", 22367, "014315-14-1", 87
 32=, 32, 36.2469, 1.5833, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 95
 33=, 33, 38.0370, 0.3461, "Biphenyl", 25988, "000092-52-4", 96
 34=, 34, 38.6291, 0.0182, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8", 50
 35=, 35, 38.9526, 0.0475, "1,5,9-Cyclododecatriyne", 27282, "060323-50-4", 72
 36=, 36, 38.9964, 0.0575, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27284, "000582-16-1", 87
 37=, 37, 39.3436, 0.1640, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27286, "000581-42-0", 89
 38=, 38, 39.4601, 0.0875, "Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27309, "000575-41-7", 58
 39=, 39, 39.9085, 0.0255, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8", 72
 40=, 40, 40.8966, 3.7541, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 72
 41=, 41, 41.0456, 1.1711, "Acenaphthene", 25999, "000827-54-3", 76
 42=, 42, 41.7682, 0.0436, "3-Isopropoxy-1,1,1,5,5,5-hexamethyl-3-(trimethylsiloxy)trisiloxane", 154155, "072182-11-7", 9
 43=, 43, 41.8986, 0.8000, "Dibenzofurane", 35492, "000705-76-0", 50
 44=, 44, 43.5885, 0.5009, "Fluorene", 33582, "000086-73-7", 91
 45=, 45, 48.2287, 0.4514, "Phenanthrene", 41768, "000246-02-6", 93
 46=, 46, 48.9197, 0.1551, "Anthracene", 34225, "000244-99-5", 76
 47=, 47, 50.7176, 0.0557, "Indole-2-one, 2,3-dihydro-N-hydroxy-4-methoxy-3,3-dimethyl-", 62024, "1000129-52-1", 27
 48=, 48, 54.9480, 1.7533, "Hexadecane, 1-chloro-", 98779, "004860-03-1", 80

8102 3rd

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"
 1=, 1, 14.2380, 0.0024, "1,5-Hexadien-3-yne, 2-methyl-", 2421, "000820-54-2", 58
 2=, 2, 19.4187, 0.7188, "Ethylbenzene", 4954, "000100-41-4", 91
 3=, 3, 19.8433, 0.9099, "o-Xylene", 4952, "000095-47-6", 97
 4=, 4, 20.9543, 0.3659, "p-Xylene", 4944, "000106-42-3", 93
 5=, 5, 22.4653, 0.0436, "Benzene, 1,2,4-trimethyl-", 9113, "000095-63-6", 64
 6=, 6, 23.7736, 0.0292, "Benzene, propyl-", 9110, "000103-65-1", 50
 7=, 7, 24.0722, 0.2526, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9135, "000620-14-4", 93
 8=, 8, 24.1687, 0.1241, "Benzene, 1-ethyl-4-methyl-", 9136, "000622-96-8", 70
 9=, 9, 24.4007, 0.1360, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9118, "000526-73-8", 81
 10=, 10, 24.8288, 0.0833, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9118, "000526-73-8", 64
 11=, 11, 25.2859, 0.5700, "3-Hydroxyphenylacetylene", 8672, "010401-11-3", 91
 12=, 12, 25.4426, 0.3930, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9118, "000526-73-8", 94
 13=, 13, 26.5554, 0.1975, "Benzene, 1,3,5-trimethyl-", 9116, "000108-67-8", 93
 14=, 14, 27.0314, 3.8305, "Indane", 8677, "000496-11-7", 87
 15=, 15, 27.2718, 0.0654, "1-Propyne, 3-phenyl-", 8171, "010147-11-2", 80
 16=, 16, 27.8981, 0.0315, "Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl-", 14403, "001758-88-9", 87
 17=, 17, 28.9070, 0.0273, "Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-", 14419, "000527-84-4", 90
 18=, 18, 28.9759, 0.0993, "Benzene, 1-butenyl-, (E)-", 13605, "001005-64-7", 95
 19=, 19, 29.2113, 0.1657, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066, "017059-52-8", 96
 20=, 20, 29.4241, 0.5162, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066, "017059-52-8", 94
 21=, 21, 29.5748, 0.1112, "3-Phenyl-2-propyn-1-ol", 14071, "001504-58-1", 90
 22=, 22, 30.1993, 0.0251, "Benzene, tert-butyl-", 14347, "000098-06-6", 59
 23=, 23, 30.8369, 0.1224, "1-Phenyl-1-butene", 13590, "000824-90-8", 92
 24=, 24, 31.1146, 0.0844, "Cycloprop[a]indene, 1,1a,6,6a-tetrahydro-", 12713, "015677-15-3", 91
 25=, 25, 31.1932, 0.2068, "1-Phenyl-1-butene", 13590, "000824-90-8", 94
 26=, 26, 31.2887, 0.2033, "Naphthalene, 1,2-dihydro-", 12697, "000447-53-0", 95
 27=, 27, 32.1541, 5.9782, "Naphthalene-D8", 15147, "001146-65-2", 95
 28=, 28, 32.2622, 63.0272, "Naphthalene", 11576, "000091-20-3", 95
 29=, 29, 32.4155, 3.6293, "Benzo[b]thiophene", 14778, "000095-15-8", 90
 30=, 30, 32.7810, 0.1211, "Naphthalene", 11575, "000091-20-3", 42
 31=, 31, 33.2190, 0.0524, "1H-Indazole, 3,6-dimethyl-", 21358, "007746-28-3", 38
 32=, 32, 35.4785, 0.0695, "1,4-Benzenedicarboxaldehyde, 2-methyl-", 22357, "027587-17-3", 53
 33=, 33, 35.7599, 2.6899, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 97
 34=, 34, 35.9248, 0.1450, "Benzene, 1-ethynyl-2-(methylthio)-", 22371, "078905-08-5", 58
 35=, 35, 36.1100, 0.0829, "trans-Cinnamic acid", 22314, "000140-10-3", 64



36=, 36, 36.2476, 1.7151, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 97
 37=, 37, 38.0263, 0.4305, "Biphenyl", 25988, "000092-52-4", 96
 38=, 38, 38.6179, 0.0448, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27286, "000581-42-0", 90
 39=, 39, 38.9800, 0.1759, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27295, "000582-16-1", 93
 40=, 40, 39.3399, 0.2349, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27284, "000582-16-1", 97
 41=, 41, 39.4494, 0.1323, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314, "000575-43-9", 96
 42=, 42, 39.8969, 0.0641, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27284, "000582-16-1", 74
 43=, 43, 39.9740, 0.0769, "Quinoline, 2-ethenyl-", 26707, "000772-03-2", 43
 44=, 44, 40.3034, 0.0287, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27294, "000582-16-1", 87
 45=, 45, 40.9015, 7.0302, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 72
 46=, 46, 41.0489, 1.3695, "Acenaphthene", 25994, "000083-32-9", 93
 47=, 47, 41.1298, 0.0509, "2-Pyridinamine, N-methyl-5-nitro-", 25215, "004093-89-4", 38
 48=, 48, 41.8925, 0.9722, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 91
 49=, 49, 43.5811, 0.7497, "Fluorene", 33580, "000086-73-7", 95
 50=, 50, 44.0909, 0.0486, "Nordiphenamid", 75126, "000954-21-2", 50
 51=, 51, 44.5104, 0.0631, "2-Hydroxyfluorene", 44603, "002443-58-5", 49
 52=, 52, 44.8728, 0.0562, "9H-Fluoren-9-ol", 44600, "001689-64-1", 58
 53=, 53, 45.7259, 0.0222, "Acridine-9-carbaldehyde", 62218, "1000318-45-4", 47
 54=, 54, 47.5894, 0.0635, "Thieno[3,2-b]thiophene-2-carboxylic acid", 46322, "1000311-66-8", 43
 55=, 55, 48.2169, 0.8167, "Phenanthrene", 41767, "000085-01-8", 96
 56=, 56, 48.4503, 0.0226, "4-Phenyl-3,4-dihydroisoquinoline", 62241, "006187-58-2", 46
 57=, 57, 48.4751, 0.0158, "7-Chloro-4-methoxy-3-methylquinoline", 61947, "1000213-52-2", 53
 58=, 58, 48.8918, 0.2528, "Anthracene", 34221, "000086-74-8", 94
 59=, 59, 50.7003, 0.0989, "Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester", 121708, "003555-45-1", 37
 60=, 60, 50.8559, 0.0333, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 49
 61=, 61, 51.2835, 0.0530, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 43
 62=, 62, 54.7554, 0.0134, "Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester", 121708, "003555-45-1", 50
 63=, 63, 54.9467, 0.2336, "1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene", 72520, "017151-09-6", 35
 64=, 64, 56.4806, 0.0075, "1,1,1,3,5,5-Heptamethyltrisiloxane", 73166, "001873-88-7", 38
 65=, 65, 59.2515, 0.0123, "1,1,1,3,5,5-Heptamethyltrisiloxane", 73166, "001873-88-7", 53

8103 1st

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"
 1=, 1, 19.7715, 0.6226, "Ethylbenzene", 4955, "000100-41-4", 94
 2=, 2, 20.2516, 0.0616, "o-Xylene", 4953, "000095-47-6", 93
 3=, 3, 21.3074, 0.0657, "o-Xylene", 4953, "000095-47-6", 95
 4=, 4, 22.8117, 0.1480, "Benzene, (1-methylethyl)-", 9121, "000098-82-8", 93
 5=, 5, 24.1072, 0.1079, "Benzene, propyl-", 9111, "000103-65-1", 81
 6=, 6, 24.5092, 0.1502, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9130, "000620-14-4", 94
 7=, 7, 25.1663, 0.2377, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9129, "000611-14-3", 95
 8=, 8, 25.6281, 0.0333, "Benzofuran", 8669, "000271-89-6", 83
 9=, 9, 25.7793, 0.1239, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9125, "000526-73-8", 95
 10=, 10, 26.3109, 0.0782, "Cyclotetrasiloxane, octamethyl-", 122480, "000556-67-2", 91
 11=, 11, 26.5133, 0.0342, "Benzene, (1-methylpropyl)-", 14365, "000135-98-8", 64
 12=, 12, 26.8923, 0.3553, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9115, "000526-73-8", 97
 13=, 13, 27.3726, 5.9726, "Indane", 8677, "000496-11-7", 91
 14=, 14, 27.5103, 0.0453, "Benzene, 1-ethenyl-2-methyl-", 8696, "000611-15-4", 60
 15=, 15, 27.6114, 0.3748, "Indene", 8169, "000095-13-6", 94
 16=, 16, 27.8978, 0.1114, "Benzene, 1,2-diethyl-", 14355, "000135-01-3", 90
 17=, 17, 28.1572, 0.1066, "2-Tolyloxirane", 14787, "002783-26-8", 55
 18=, 18, 28.6071, 0.0669, "Benzene, 1-methyl-4-propyl-", 14370, "001074-55-1", 87
 19=, 19, 28.9512, 0.0618, "Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl-", 14403, "001758-88-9", 95
 20=, 20, 29.0261, 0.0453, "Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethyl-", 14401, "000934-80-5", 95
 21=, 21, 29.1226, 0.0667, "1-Phenyl-1-butene", 13591, "000824-90-8", 94
 22=, 22, 29.2425, 0.1514, "Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-", 14429, "000527-84-4", 94
 23=, 23, 29.3101, 0.5623, "Benzene, 1-ethenyl-3-ethyl-", 13607, "007525-62-4", 91
 24=, 24, 29.5463, 0.3647, "Benzofuran, 2-methyl-", 14063, "004265-25-2", 91
 25=, 25, 29.7586, 0.5529, "Benzofuran, 2-methyl-", 14063, "004265-25-2", 91
 26=, 26, 29.9128, 0.1312, "Benzofuran, 2-methyl-", 14068, "004265-25-2", 91
 27=, 27, 29.9970, 0.0889, "Benzene, 1-ethyl-2,3-dimethyl-", 14393, "000933-98-2", 95



28=, 28, 30.4089, 0.1015, "Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-", 14385,"000095-93-2",97
29=, 29, 30.5326, 0.1957,"Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-", 14385,"000095-93-2",97
30=, 30, 31.1691, 0.4834,"Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609,"003454-07-7",94
31=, 31, 31.2682, 0.0312,"Benzene, 1,3-dimethyl-5-(1-methylethyl)-", 21935,"004706-90-5",76
32=, 32, 31.3617, 0.0262,"1,3-Cyclopentadiene, 5-(trans-2-ethyl-3-methylcyclopropylidene)-", 20866,"079209-36-2",46
33=, 33, 31.4541, 0.1508,"Benzene, 1-butynyl-", 12682,"000622-76-4",95
34=, 34, 31.5289, 0.6615,"1H-Indene, 2,3-dihydro-5-methyl-", 13626,"000874-35-1",93
35=, 35, 31.6264, 0.4842,"1H-Indene, 1-methyl-", 12686,"000767-59-9",94
36=, 36, 31.9034, 0.0803,"Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-", 13633,"000119-64-2",60
37=, 37, 31.9983, 0.3100,"Cyclopentasiloxane, decamethyl-",161017,"000541-02-6",91
38=, 38, 32.4954,11.7976,"Naphthalene-D8", 15146,"001146-65-2",94
39=, 39, 32.5878, 1.0626,"Naphthalene", 11578,"000091-20-3",95
40=, 40, 32.7553, 1.4686,"Benzo[b]thiophene", 14776,"000095-15-8",95
41=, 41, 32.9962, 0.2472,"2-Propenal, 3-(4-methylphenyl)-", 20745,"001504-75-2",80
42=, 42, 33.1162, 0.3975,"2-Propenal, 3-(4-methylphenyl)-", 20745,"001504-75-2",87
43=, 43, 33.2405, 0.1085,"Benzofuran, 4,7-dimethyl-", 20733,"028715-26-6",60
44=, 44, 33.3008, 0.1366,"1H-Benzimidazole, 5,6-dimethyl-", 21364,"000582-60-5",76
45=, 45, 33.5360, 0.2050,"7-Azaindole-3-carboxaldehyde", 21350,"004649-09-6",68
46=, 46, 33.7488, 0.0903,"1H-Benzimidazole, 5,6-dimethyl-", 21366,"000582-60-5",64
47=, 47, 33.9732, 0.0860,"Benzene, cyclopentyl-", 20785,"000700-88-9",64
48=, 48, 34.2030, 0.0547,"Benzene, (1-ethyl-1-propenyl)-", 20807,"004701-36-4",60
49=, 49, 34.2806, 0.1274,"Benzene, (1-ethyl-1-propenyl)-", 20807,"004701-36-4",70
50=, 50, 34.6325, 0.1770,"Benzo[b]thiophene, 2,3-dihydro-", 15820,"004565-32-6",90
51=, 51, 34.7772, 0.1045,"1H-Indene, 2,3-dihydro-4,7-dimethyl-", 20831,"006682-71-9",95
52=, 52, 35.2178, 0.1491,"Benzene, 2-ethenyl-1,3,5-trimethyl-", 20821,"000769-25-5",90
53=, 53, 35.3477, 0.0538,"Naphthalene, 1,2-dihydro-6-methyl-", 19689,"002717-47-7",55
54=, 54, 35.8206, 0.5692,"Benzo[b]thiophene, 6-methyl-", 22369,"016587-47-6",91
55=, 55, 36.0571, 0.0496,"Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1,5-dimethyl-", 29599,"021564-91-0",46
56=, 56, 36.1065, 0.0450,"Benzocycloheptatriene", 18561,"000264-09-5",30
57=, 57, 36.4541, 0.3803,"Benzo[b]thiophene, 2-methyl-", 22370,"001195-14-8",87
58=, 58, 36.5875, 3.9423,"Naphthalene, 1-methyl-", 18566,"000090-12-0",96
59=, 59, 36.7118, 0.0631,"Naphthalene, 1-methyl-", 18564,"000090-12-0",90
60=, 60, 37.3505, 0.4915,"Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-",179152,"000540-97-6",91
61=, 61, 38.3531, 2.0116,"Biphenyl", 25992,"000092-52-4",96
62=, 62, 38.6154, 0.0299,"Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester",121708,"003555-45-1",22
63=, 63, 39.0075, 0.2481,"Naphthalene, 1-ethyl-", 27281,"001127-76-0",92
64=, 64, 39.2697, 0.2167,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",98
65=, 65, 39.3149, 0.3102,"Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314,"000575-43-9",98
66=, 66, 39.6784, 0.7928,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",98
67=, 67, 39.8500, 0.0636,"Indole-2-one, 2,3-dihydro-N-hydroxy-4-methoxy-3,3-dimethyl-", 62024,"1000129-52-1",38
68=, 68, 40.2320, 0.4277,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",98
69=, 69, 40.3074, 0.2386,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",98
70=, 70, 40.4584, 0.1041,"Biphenylene", 24424,"000259-79-0",95
71=, 71, 40.6437, 0.2869,"Naphthalene, 1,4-dimethyl-", 27311,"000571-58-4",96
72=, 72, 41.2537,17.5507,"Acenaphthene-d10", 32157,"015067-26-2",52
73=, 73, 41.4010,11.9978,"Acenaphthene", 25996,"000083-32-9",94
74=, 74, 41.9362, 0.1332,"Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482,"002131-42-2",70
75=, 75, 42.0945, 0.5653,"Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-",185541,"000107-50-6",70
76=, 76, 42.2338, 8.0458,"Dibenzofuran", 35097,"000132-64-9",91
77=, 77, 42.4887, 0.1947,"Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488,"000829-26-5",97
78=, 78, 42.6412, 0.1483,"Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488,"000829-26-5",96
79=, 79, 42.7375, 0.0605,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",27
80=, 80, 42.8981, 0.0460,"1(2H)-Acenaphthylene", 35099,"002235-15-6",50
81=, 81, 43.0341, 0.1384,"Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488,"000829-26-5",96
82=, 82, 43.1496, 0.0838,"Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488,"000829-26-5",92
83=, 83, 43.4847, 0.1327,"Naphthalene, 1,4,5-trimethyl-", 36481,"002131-41-1",87
84=, 84, 43.5319, 0.0736,"Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482,"002131-42-2",92
85=, 85, 43.7247, 0.0688,"1-Naphthaleneacetonitrile", 34229,"000132-75-2",74
86=, 86, 43.8235, 0.0494,"3,3'-Dimethylbiphenyl", 44663,"000612-75-9",95
87=, 87, 43.9185, 6.3248,"Fluorene", 33580,"000086-73-7",97



88=, 88, 44.0965, 0.1884, "2-Methyl-5,5-diphenyl-4-(methylthio)imidazole", 111900, "024133-96-8", 43
 89=, 89, 44.2520, 0.1775, "1-Isopropenyl-naphthalene", 35108, "001855-47-6", 90
 90=, 90, 44.4220, 0.5436, "1,1'-Biphenyl, 4-methyl-", 35110, "000644-08-6", 78
 91=, 91, 44.6212, 0.2777, "1,1'-Biphenyl, 2-methyl-", 35119, "000643-58-3", 93
 92=, 92, 44.8386, 0.5036, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 90
 93=, 93, 45.1912, 0.5021, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 94
 94=, 94, 45.4542, 0.1157, "3-(1-Naphthyl)acrylaldehyde", 44607, "001504-73-0", 58
 95=, 95, 46.0567, 0.2649, "Phenanthrene, 9,10-dihydro-", 43259, "000776-35-2", 93
 96=, 96, 46.2600, 0.1967, "Benzoic acid, 2,4-bis[(trimethylsilyloxy)-, trimethylsilyl ester", 161138, "010586-16-0", 27
 97=, 97, 46.4937, 0.0673, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243, "000605-67-4", 53
 98=, 98, 46.7019, 0.2593, "9H-Fluorene, 1-methyl-", 43244, "001730-37-6", 98
 99=, 99, 46.8593, 0.1170, "9H-Fluorene, 2-methyl-", 43235, "001430-97-3", 94
 100=, 100, 47.1224, 0.1292, "9H-Fluorene, 1-methyl-", 43232, "001730-37-6", 86
 101=, 101, 47.4931, 0.0643, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 52
 102=, 102, 47.6204, 0.0482, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 64
 103=, 103, 47.6556, 0.0579, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 64
 104=, 104, 47.9244, 0.6371, "Dibenzothiophene", 46034, "000132-65-0", 96
 105=, 105, 48.0552, 0.0401, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 64
 106=, 106, 48.5531, 4.1586, "Phenanthrene", 41765, "000085-01-8", 96
 107=, 107, 48.7991, 0.4301, "Anthracene", 63031, "1000217-20-8", 93
 108=, 108, 49.2032, 1.1516, "5H-Indeno[1,2-b]pyridine", 34225, "000244-99-5", 94
 109=, 109, 49.3508, 0.0596, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 64
 110=, 110, 49.8275, 0.2437, "1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene", 72520, "017151-09-6", 60
 111=, 111, 49.9888, 0.0962, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 72
 112=, 112, 50.1924, 0.1011, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 72
 113=, 113, 50.5878, 0.1227, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 74
 114=, 114, 51.0134, 0.5959, "3-Methylcarbazole", 43885, "004630-20-0", 95
 115=, 115, 51.2012, 0.2667, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 53
 116=, 116, 51.6336, 0.4680, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50048, "000203-64-5", 46
 117=, 117, 51.7748, 0.4008, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 49
 118=, 118, 52.0552, 0.2668, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 62
 119=, 119, 52.6182, 0.0577, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73122, "000541-05-9", 64
 120=, 120, 52.7300, 0.2300, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 80
 121=, 121, 53.4772, 0.1784, "1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene", 72520, "017151-09-6", 59
 122=, 122, 54.1360, 0.0593, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 74
 123=, 123, 55.4007, 1.2087, "Octadecane, 1-chloro-", 117264, "003386-33-2", 53
 124=, 124, 57.0393, 0.1488, "pyrene", 73121, "000541-05-9", 53
 125=, 125, 58.2139, 0.0961, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 58
 126=, 126, 58.6217, 0.0333, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 58

8103 2nd

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"

1=, 1, 19.4093, 0.2898, "Ethylbenzene", 4954, "000100-41-4", 81
 2=, 2, 24.8241, 0.2031, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9134, "000611-14-3", 70
 3=, 3, 25.9971, 0.3796, "Cyclotetrasiloxane, octamethyl-", 122479, "000556-67-2", 74
 4=, 4, 26.5511, 0.2575, "2,4-Nonadiyne", 9107, "063621-15-8", 91
 5=, 5, 27.0278, 4.1329, "Indane", 8675, "000496-11-7", 81
 6=, 6, 27.2710, 0.2673, "Benzene, 1-propynyl-", 8173, "000673-32-5", 90
 7=, 7, 28.9693, 0.4411, "Benzene, 1-butenyl-, (E)-", 13605, "001005-64-7", 93
 8=, 8, 29.2104, 0.3021, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066, "017059-52-8", 93
 9=, 9, 29.4275, 0.4350, "Benzofuran, 2-methyl-", 14067, "004265-25-2", 94
 10=, 10, 30.1999, 0.1650, "Benzene, 1,2,3,5-tetramethyl-", 14378, "000527-53-7", 93
 11=, 11, 30.8309, 0.3153, "1H-Indene, 2,3-dihydro-2-methyl-", 13635, "000824-63-5", 90
 12=, 12, 31.1862, 0.1927, "1-Phenyl-1-butene", 13591, "000824-90-8", 93
 13=, 13, 31.2805, 0.2712, "Benzene, 1-butyryl-", 12681, "000622-76-4", 83
 14=, 14, 31.6876, 1.8597, "Cyclopentasiloxane, decamethyl-", 161016, "000541-02-6", 49
 15=, 15, 32.1476, 2.9531, "Naphthalene-D8", 15147, "001146-65-2", 97
 16=, 16, 32.2427, 0.3371, "Naphthalene", 11577, "000091-20-3", 60
 17=, 17, 32.4143, 0.8972, "Cyclopenta[c]thiapyran", 14780, "000270-63-3", 87
 18=, 18, 32.7852, 0.2122, "Benzene, (1-methyl-1-butenyl)-", 20812, "053172-84-2", 64



19=, 19, 35.4807, 0.4117, "Benzo[b]thiophene, 6-methyl-", 22369, "016587-47-6", 91
 20=, 20, 36.1160, 0.2790, "Benzo[b]thiophene, 4-methyl-", 22366, "014315-11-8", 64
 21=, 21, 36.2464, 1.6397, "Benzocycloheptatriene", 18561, "000264-09-5", 96
 22=, 22, 37.0385, 6.0125, "Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-", 179152, "000540-97-6", 68
 23=, 23, 38.0230, 0.7677, "Biphenyl", 25988, "000092-52-4", 95
 24=, 24, 39.3399, 0.3132, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 89
 25=, 25, 39.8954, 0.2674, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27297, "000582-16-1", 90
 26=, 26, 39.9712, 0.1694, "Benzene, 2,5-cyclohexadien-1-yl-", 27323, "004794-05-2", 62
 27=, 27, 40.3011, 0.2251, "Naphthalene, 1,4-dimethyl-", 27312, "000571-58-4", 93
 28=, 28, 40.8991, 3.5091, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 52
 29=, 29, 41.0492, 6.5491, "Acenaphthene", 25994, "000083-32-9", 93
 30=, 30, 41.7804, 8.5276, "Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-", 185541, "000107-50-6", 38
 31=, 31, 41.8910, 4.2003, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 91
 32=, 32, 43.5759, 3.1690, "Fluorene", 33582, "000086-73-7", 96
 33=, 33, 43.8905, 0.4940, "Decane", 18488, "000124-18-5", 38
 34=, 34, 44.0851, 0.3994, "Fluorene, 1,4-dihydro-", 35106, "041593-21-9", 43
 35=, 35, 44.5113, 0.3860, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 60
 36=, 36, 44.8648, 0.3115, "2,5-Dimethoxybenzoic acid", 45051, "002785-98-0", 55
 37=, 37, 45.4350, 0.2672, "Estra-1,3,5(10)-trien-17.beta.-ol", 96358, "002529-64-8", 30
 38=, 38, 45.7243, 0.2689, "Anthracene, 9,10-dihydro-", 43253, "000613-31-0", 83
 39=, 39, 45.9545, 7.5447, "Benzeneethanamine, N-[(pentafluorophenyl)methylene]-.beta.,3,4-tris[(trimethylsilyl)oxy]-", 187434, "055429-13-5", 38
 40=, 40, 47.5790, 0.5433, "Benzenamine, 4-ethoxy-N-phenyl-", 66581, "001020-54-8", 42
 41=, 41, 48.2178, 1.2402, "Diphenylethyne", 41771, "000501-65-5", 89
 42=, 42, 48.4251, 0.3715, "2-Methylbicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, endo-", 11133, "1000138-89-5", 46
 43=, 43, 48.4621, 0.2487, "1,1-di-o-Tolylethylene", 63077, "002919-19-9", 41
 44=, 44, 48.8837, 1.4066, "1,1'-Biphenyl, 2-azido-", 53567, "007599-23-7", 89
 45=, 45, 49.5272, 8.0874, "Thiocyanic acid, 5.alpha.-cholestan-3.beta.-yl ester", 177097, "020997-50-6", 70
 46=, 46, 50.0358, 0.8459, "Benz[e]azulene-3,8-dione, 3a,4,6a,7,9,10,10a,10b-octahydro-3a,10a-dihydroxy-5-(hydroxymethyl)-2,10-dimethyl-, (3a.alpha.,6a.alpha.,10.beta.,10a.beta.,10b.beta.)-(+)-", 128382, "025578-89-6", 41
 47=, 47, 50.6809, 0.6654, "1,7-Dimethylxanthine", 43498, "000611-59-6", 46
 48=, 48, 51.2546, 0.3610, "2,3,5,6-Tetramethylterephthalaldehyde", 49829, "007072-01-7", 51
 49=, 49, 53.0901, 6.1966, "1,1,1,5,7,7-Heptamethyl-3,3-bis(trimethylsilyloxy)tetrasiloxane", 179156, "038147-00-1", 53
 50=, 50, 54.9475, 2.0821, "Octadecane, 1-chloro-", 117264, "003386-33-2", 96
 51=, 51, 57.6721, 6.0461, "Trisiloxane, 1,1,1,5,5,5-hexamethyl-3,3-bis[(trimethylsilyl)oxy]-", 166198, "003555-47-3", 40
 52=, 52, 63.8800, 6.0498, "Cyclodecasiloxane, eicosamethyl-", 190220, "018772-36-6", 43
 53=, 53, 72.7166, 6.2308, "Cholestane, 3-thiocyanato-, (3.alpha.,5.alpha.)-", 177096, "020997-49-3", 90

8103 3rd

Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"

1=, 1, 27.0354, 3.8393, "Indane", 8677, "000496-11-7", 74
 2=, 2, 28.9762, 0.4537, "Benzene, 1-butenyl-, (E)-", 13605, "001005-64-7", 93
 3=, 3, 32.1539, 35.3218, "Naphthalene-D8", 15147, "001146-65-2", 95
 4=, 4, 32.4218, 0.8987, "Benzo[b]thiophene", 14778, "000095-15-8", 87
 5=, 5, 36.2557, 0.9886, "1,4-Methanonaphthalene, 1,4-dihydro-", 18571, "004453-90-1", 94
 6=, 6, 40.9075, 39.6572, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 72
 7=, 7, 41.0516, 6.5960, "Acenaphthene", 25994, "000083-32-9", 95
 8=, 8, 41.8966, 3.4544, "1(2H)-Acenaphthylenone", 35099, "002235-15-6", 97
 9=, 9, 43.5862, 2.5058, "Fluorene", 33581, "000086-73-7", 94
 10=, 10, 48.2274, 0.6885, "Diphenylethyne", 41771, "000501-65-5", 96
 11=, 11, 48.9047, 0.7695, "Carbazole", 34221, "000086-74-8", 81
 12=, 12, 54.9565, 4.8264, "Tetradecane, 1-chloro-", 79906, "002425-54-9", 78

8104 1st

Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"

1=, 1, 8.5400, 0.0202, "1,3-Hexadien-5-yne", 1010, "010420-90-3", 90
 2=, 2, 19.7486, 0.2166, "Ethylbenzene", 4955, "000100-41-4", 94
 3=, 3, 20.1738, 0.0323, "Benzene, 1,3-dimethyl-", 4970, "000108-38-3", 97
 4=, 4, 20.2238, 0.0401, "p-Xylene", 4950, "000106-42-3", 97
 5=, 5, 21.2811, 0.0384, "o-Xylene", 4952, "000095-47-6", 95



6=, 6, 22.7844, 0.0244, "Benzene, (1-methylethyl)-", 9120, "000098-82-8", 94
7=, 7, 24.3891, 0.0204, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9132, "000611-14-3", 93
8=, 8, 24.4836, 0.0292, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9129, "000611-14-3", 93
9=, 9, 24.7122, 0.0194, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9125, "000526-73-8", 94
10=, 10, 25.1429, 0.0460, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9129, "000611-14-3", 91
11=, 11, 25.7554, 0.1381, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9125, "000526-73-8", 97
12=, 12, 26.2881, 0.0227, "Cyclotetrasiloxane, octamethyl-", 122480, "000556-67-2", 91
13=, 13, 26.8694, 0.0972, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9115, "000526-73-8", 97
14=, 14, 27.3513, 2.0506, "Indane", 8675, "000496-11-7", 93
15=, 15, 27.5883, 0.0245, "Indene", 8168, "000095-13-6", 93
16=, 16, 27.8750, 0.0155, "Benzene, 1,2-diethyl-", 14350, "000135-01-3", 92
17=, 17, 28.2055, 0.0233, "Benzene, 1-ethyl-3,5-dimethyl-", 14398, "000934-74-7", 93
18=, 18, 28.9256, 0.0144, "Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl-", 14405, "001758-88-9", 96
19=, 19, 29.0049, 0.0175, "Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-", 14429, "000527-84-4", 93
20=, 20, 29.2194, 0.0321, "Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-", 14429, "000527-84-4", 95
21=, 21, 29.2858, 0.0912, "Benzene, 1-ethenyl-3-ethyl-", 13607, "007525-62-4", 91
22=, 22, 29.5223, 0.0802, "Benzofuran, 2-methyl-", 14067, "004265-25-2", 91
23=, 23, 29.7335, 0.1694, "Benzofuran, 2-methyl-", 14067, "004265-25-2", 94
24=, 24, 29.8816, 0.0310, "Benzofuran, 2-methyl-", 14063, "004265-25-2", 94
25=, 25, 30.3863, 0.0228, "Benzene, 1-ethyl-2,3-dimethyl-", 14393, "000933-98-2", 94
26=, 26, 30.5101, 0.0368, "Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-", 14385, "000095-93-2", 95
27=, 27, 31.1464, 0.1103, "Benzene, 2-ethenyl-1,4-dimethyl-", 13624, "002039-89-6", 91
28=, 28, 31.4280, 0.0236, "Benzene, 1-butynyl-", 12682, "000622-76-4", 94
29=, 29, 31.5057, 0.1685, "1-Phenyl-1-butene", 13590, "000824-90-8", 94
30=, 30, 31.6044, 0.1192, "1H-Indene, 1-methyl-", 12686, "000767-59-9", 95
31=, 31, 31.8843, 0.0249, "Isoquinoline, 1,2,3,4-tetrahydro-", 14309, "000091-21-4", 49
32=, 32, 31.9780, 0.0265, "Cyclopentasiloxane, decamethyl-", 161015, "000541-02-6", 90
33=, 33, 32.4867, 8.5739, "Naphthalene-D8", 15146, "001146-65-2", 94
34=, 34, 32.5928, 11.4810, "Naphthalene", 11576, "000091-20-3", 97
35=, 35, 32.7386, 0.9626, "2-Benzothiophene", 14779, "000270-82-6", 94
36=, 36, 32.9758, 0.1123, "Naphthalene", 11578, "000091-20-3", 55
37=, 37, 33.0946, 0.1536, "1H-Indene, 2,3-dihydro-4,7-dimethyl-", 20832, "006682-71-9", 70
38=, 38, 33.7334, 0.0509, "2,6-Dimethylanisole", 15847, "001004-66-6", 86
39=, 39, 33.9507, 0.0524, "Cinnamaldehyde, .beta.-methyl-", 20740, "001196-67-4", 46
40=, 40, 34.1815, 0.0273, "Benzene, (1-ethyl-1-propenyl)-", 20801, "004701-36-4", 55
41=, 41, 34.2567, 0.0469, "2,3,4,5,6,7-Hexahydro-1H-cyclopenta[a]pentalene", 20863, "1000189-31-0", 64
42=, 42, 34.6082, 0.0575, "Benzo[b]thiophene, 2,3-dihydro-", 15822, "004565-32-6", 91
43=, 43, 34.7540, 0.0768, "1H-Indene, 2,3-dihydro-5,6-dimethyl-", 20827, "001075-22-5", 93
44=, 44, 35.1911, 0.0726, "1H-Indene, 2,3-dihydro-1,2-dimethyl-", 20824, "017057-82-8", 87
45=, 45, 35.6012, 0.0521, "Octane, 3,6-dimethyl-", 18528, "015869-94-0", 43
46=, 46, 35.7928, 0.1314, "Benzo[b]thiophene, 6-methyl-", 22369, "016587-47-6", 95
47=, 47, 36.0735, 0.5935, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566, "000090-12-0", 96
48=, 48, 36.2464, 0.0463, "3-Methylbenzothiophene", 22364, "001455-18-1", 96
49=, 49, 36.4190, 0.1138, "Benzo[b]thiophene, 2-methyl-", 22370, "001195-14-8", 64
50=, 50, 36.5660, 1.7720, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566, "000090-12-0", 96
51=, 51, 36.8905, 0.0468, "Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1,4-dimethyl-", 29594, "004175-54-6", 86
52=, 52, 37.3306, 0.0328, "Isoquinoline-3-carbohydrazide, N2-(2-hydroxynaphth-1-ylmethylene)-", 148356, "1000296-43-1", 49
53=, 53, 38.3302, 0.6217, "Biphenyl", 25992, "000092-52-4", 96
54=, 54, 38.5707, 0.0353, "Dodecane, 2,6,10-trimethyl-", 66082, "003891-98-3", 52
55=, 55, 38.7699, 0.0214, "Benzo[b]thiophene, 3,6-dimethyl-", 30620, "016587-50-1", 64
56=, 56, 38.9237, 0.1061, "Naphthalene, 1-ethyl-", 27277, "001127-76-0", 90
57=, 57, 38.9805, 0.1038, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8", 86
58=, 58, 39.1024, 0.0308, "Tetradecane", 55974, "000629-59-4", 70
59=, 59, 39.2460, 0.2346, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314, "000575-43-9", 98
60=, 60, 39.2889, 0.2352, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314, "000575-43-9", 98
61=, 61, 39.4017, 0.0587, "Quinoline, 5,8-dimethyl-", 27977, "002623-50-9", 60
62=, 62, 39.6541, 0.6848, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 98
63=, 63, 39.7615, 0.3213, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 98
64=, 64, 39.9681, 0.0431, "Quinoline, 4-ethyl-", 27971, "019020-26-9", 87



65=, 65, 40.2100, 0.4057, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27298, "000581-40-8", 97
66=, 66, 40.2819, 0.1740, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 98
67=, 67, 40.4372, 0.0712, "Biphenylene", 24424, "000259-79-0", 94
68=, 68, 40.6191, 0.2006, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8", 98
69=, 69, 40.8365, 0.0383, "Dodecane, 2,6,10-trimethyl-", 66082, "003891-98-3", 83
70=, 70, 41.2427, 11.1613, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 52
71=, 71, 41.3882, 6.6564, "Acenaphthene", 25996, "000083-32-9", 94
72=, 72, 41.7311, 0.0866, "Naphthalene, 2-ethenyl-", 25999, "000827-54-3", 53
73=, 73, 41.8461, 0.0789, "Quinoline, 2,4,6-trimethyl-", 37141, "002243-89-2", 70
74=, 74, 41.9111, 0.1476, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 95
75=, 75, 42.0795, 0.3398, "Benzene, [1-(2,4-cyclopentadien-1-ylidene)ethyl]-", 35123, "002320-32-3", 72
76=, 76, 42.2157, 3.3985, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 91
77=, 77, 42.3457, 0.1453, "Naphthalene, 1,4,5-trimethyl-", 36481, "002131-41-1", 89
78=, 78, 42.4647, 0.2481, "Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488, "000829-26-5", 98
79=, 79, 42.6181, 0.2332, "Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488, "000829-26-5", 96
80=, 80, 42.8692, 0.0570, "Quinoline, 2,3,4-trimethyl-", 37140, "002437-72-1", 78
81=, 81, 43.0119, 0.2238, "Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36485, "002245-38-7", 98
82=, 82, 43.1280, 0.1819, "Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488, "000829-26-5", 97
83=, 83, 43.4649, 0.2802, "Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488, "000829-26-5", 96
84=, 84, 43.7091, 0.0682, "3,3'-Dimethylbiphenyl", 44662, "000612-75-9", 94
85=, 85, 43.8028, 0.0868, "1,1'-Biphenyl, 3,4'-dimethyl-", 44676, "007383-90-6", 97
86=, 86, 43.9095, 6.2821, "Fluorene", 33580, "000086-73-7", 97
87=, 87, 44.0911, 0.2250, "1,1'-Biphenyl, 2,3'-dimethyl-", 44675, "000611-43-8", 46
88=, 88, 44.2325, 0.2690, "1-Isopropenyl-naphthalene", 35108, "001855-47-6", 93
89=, 89, 44.4006, 0.7523, "1,1'-Biphenyl, 2-methyl-", 35111, "000643-58-3", 90
90=, 90, 44.5931, 0.3223, "1,1'-Biphenyl, 2-methyl-", 35119, "000643-58-3", 96
91=, 91, 44.8175, 0.6220, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 96
92=, 92, 44.9342, 0.0346, "Fluorene", 33581, "000086-73-7", 83
93=, 93, 45.1699, 0.7235, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 94
94=, 94, 45.3371, 0.0357, "[1,1'-Biphenyl]-4-carboxaldehyde", 44609, "003218-36-8", 68
95=, 95, 45.4288, 0.2081, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 94
96=, 96, 45.7273, 0.0307, "3,3'-Dimethylbiphenyl", 44662, "000612-75-9", 95
97=, 97, 45.9205, 0.0416, "Naphthalene, 1,2,3-trimethyl-4-propenyl-, (E)-", 64495, "026137-53-1", 86
98=, 98, 46.0342, 0.2679, "Anthracene, 9,10-dihydro-", 43251, "000613-31-0", 95
99=, 99, 46.1375, 0.0277, "Benzene, 3,5-dimethyl-1-(phenylmethyl)-", 54591, "028122-27-2", 78
100=, 100, 46.4661, 0.1698, "Phenanthrene, 9,10-dihydro-", 43259, "000776-35-2", 83
101=, 101, 46.6833, 0.5184, "9H-Fluorene, 2-methyl-", 43237, "001430-97-3", 97
102=, 102, 46.7545, 0.0903, "Pentadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-", 104288, "001921-70-6", 98
103=, 103, 46.8373, 0.2269, "9H-Fluorene, 2-methyl-", 43235, "001430-97-3", 97
104=, 104, 46.9350, 0.0831, "Phenol, 4-(2-phenylethenyl)-, (E)-", 54501, "006554-98-9", 49
105=, 105, 46.9940, 0.0599, "9H-Fluorene, 2,3-dimethyl-", 52964, "004612-63-9", 52
106=, 106, 47.1020, 0.2819, "9H-Fluorene, 1-methyl-", 43232, "001730-37-6", 97
107=, 107, 47.3234, 0.0796, "4,4'-Dimethylbiphenyl", 44664, "000613-33-2", 60
108=, 108, 47.4744, 0.1938, "Benzene, 1-methyl-2-[(4-methylphenyl)methyl]-", 54597, "021895-17-0", 76
109=, 109, 47.5902, 0.1177, "8-Dimethylaminonaphthalene-1-carbonitrile", 54414, "128644-69-9", 59
110=, 110, 47.6326, 0.1191, "Phenol, 3-(2-phenylethenyl)-, (E)-", 54491, "017861-18-6", 64
111=, 111, 47.9055, 1.0549, "Dibenzothiophene", 46035, "000132-65-0", 96
112=, 112, 48.0665, 0.0607, "Naphtho[2,1-b]furan, 1,2-dimethyl-", 54490, "129812-23-3", 49
113=, 113, 48.1357, 0.0689, "Silane, (4-methoxyphenoxy)trimethyl-", 54073, "006689-38-9", 46
114=, 114, 48.3418, 0.0355, "Benzene, 1-methyl-2-[(3-methylphenyl)methyl]-", 54598, "021895-13-6", 86
115=, 115, 48.5573, 8.9086, "Phenanthrene", 41765, "000085-01-8", 96
116=, 116, 48.7906, 3.2999, "Phenanthrene", 41765, "000085-01-8", 96
117=, 117, 49.0481, 0.1817, "Diphenylethyne", 41771, "000501-65-5", 83
118=, 118, 49.1863, 0.6838, "Carbazole", 34221, "000086-74-8", 95
119=, 119, 49.4029, 0.0814, "Phenanthrene, 9,10-dihydro-1-methyl-", 52975, "095676-48-5", 64
120=, 120, 49.4647, 0.1052, "Phenanthrene, 9,10-dihydro-1-methyl-", 52975, "095676-48-5", 41
121=, 121, 49.5959, 0.1206, "Phenanthrene, 9,10-dihydro-1-methyl-", 52975, "095676-48-5", 64
122=, 122, 49.9728, 0.1750, "Cyclobuta[1,2":3,4
123=, 123, 50.0846, 0.0876, "Benzene, 1-methoxy-4-(2-phenylethenyl)-", 64440, "001142-15-0", 64
124=, 124, 50.1667, 0.1165, "Dibenzothiophene, 4-methyl-", 55840, "007372-88-5", 83



125=,125, 50.3049, 0.0772,"Pyrido[2,3-d]pyrimidine, 4-phenyl-", 62205,"028732-75-4",42
 126=,126, 50.5668, 0.1004,"Dibenzothiophene, 3-methyl-", 55839,"016587-52-3",90
 127=,127, 50.8257, 0.0709,"3-Methyl-acridine", 52062,"004740-12-9",70
 128=,128, 51.0509, 0.4860,"Phenanthrene, 2-methyl-", 51412,"002531-84-2",97
 129=,129, 51.1834, 0.4959,"Anthracene, 2-methyl-", 51397,"000613-12-7",97
 130=,130, 51.4269, 0.2792,"Phenanthrene, 2-methyl-", 51412,"002531-84-2",98
 131=,131, 51.6180, 1.1175,"4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50048,"000203-64-5",93
 132=,132, 51.7498, 0.4667,"Phenanthrene, 2-methyl-", 51412,"002531-84-2",96
 133=,133, 52.0346, 0.0736,"3-Methylcarbazole", 43883,"004630-20-0",86
 134=,134, 52.4902, 0.0369,"Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243,"000605-67-4",46
 135=,135, 52.6034, 0.2149,"Naphthalene, 2-phenyl-", 60112,"000612-94-2",93
 136=,136, 52.8610, 0.0553,"1-Benzopyrylium, 2-phenyl-", 62220,"014051-53-7",47
 137=,137, 53.7492, 0.0774,"Anthracene, 2-ethyl-", 61576,"052251-71-5",95
 138=,138, 54.0206, 0.0526,"Phenanthrene, 2,5-dimethyl-", 61594,"003674-66-6",92
 139=,139, 54.1230, 0.0639,"di-p-Tolylacetylene", 61574,"002789-88-0",90
 140=,140, 54.5166, 0.1213,"9,10-Dimethylantracene", 61585,"000781-43-1",93
 141=,141, 54.6938, 0.1252,"Anthracene, 2-ethyl-", 61576,"052251-71-5",47
 142=,142, 54.8758, 0.0526,"Phenanthrene, 3,6-dimethyl-", 61603,"001576-67-6",97
 143=,143, 55.0973, 0.0803,"1H-Indole, 2-methyl-3-phenyl-", 62236,"004757-69-1",46
 144=,144, 55.3961,10.8704,"Octadecane, 1-chloro-",117264,"003386-33-2",95
 145=,145, 55.8560, 0.0704,"2,4-Cyclohexadien-1-one, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxy-", 72776,"054965-43-4",42
 146=,146, 56.4032, 0.0969,"(Acridin-9-yl)(methyl)amine", 62908,"1000305-13-9",72
 147=,147, 56.9973, 1.7750,"Pyrene", 58555,"000129-00-0",95
 148=,148, 57.3369, 0.1127,"Indeno[2,1-a]indene, 5,10-dihydro-", 60127,"006543-29-9",83
 149=,149, 57.6560, 0.0721,"Benzo[b]naphtho[2,3-d]furan", 70001,"000243-42-5",90
 150=,150, 58.1888, 0.0857,"Benzo[b]naphtho[2,3-d]furan", 70000,"000243-42-5",91
 151=,151, 58.5839, 0.0380,"2-Ethylacridine", 62222,"055751-83-2",30
 152=,152, 59.3470, 0.0925,"Pyrene, 1-methyl-", 68692,"002381-21-7",86
 153=,153, 60.2091, 0.3437,"Fluoranthene, 2-methyl-", 68702,"033543-31-6",97
 154=,154, 60.8933, 0.2326,"11H-Benzo[b]fluorene", 68695,"000243-17-4",95
 155=,155, 61.3502, 0.0337,"Pyrene, 1-methyl-", 68689,"002381-21-7",95
 156=,156, 67.7563, 0.0349,"Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81184,"000239-35-0",83
 157=,157, 71.6505, 0.0833,"Benz[a]anthracene", 77464,"000056-55-3",95
 158=,158, 72.1855, 0.1821,"Triphenylene", 77462,"000217-59-4",98

8104 2nd

Header="PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"
 1=, 1, 19.7909, 0.4740,"Ethylbenzene", 4954,"000100-41-4",95
 2=, 2, 24.7502, 0.0860,"Benzene, 1,2,4-trimethyl-", 9113,"000095-63-6",93
 3=, 3, 25.1814, 0.0948,"Benzene, 1,2,4-trimethyl-", 9113,"000095-63-6",90
 4=, 4, 25.7925, 0.4037,"Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9118,"000526-73-8",93
 5=, 5, 26.9070, 0.2614,"Benzene, 1,3,5-trimethyl-", 9124,"000108-67-8",95
 6=, 6, 27.3843, 4.4174,"Indane", 8675,"000496-11-7",93
 7=, 7, 29.3222, 0.1857,"Benzene, (2-methyl-1-propenyl)-", 13619,"000768-49-0",90
 8=, 8, 29.5629, 0.1521,"Benzofuran, 7-methyl-", 14066,"017059-52-8",95
 9=, 9, 29.7708, 0.3779,"2-Propenal, 3-phenyl-", 14069,"000104-55-2",93
 10=, 10, 29.9205, 0.0723,"Benzofuran, 2-methyl-", 14068,"004265-25-2",93
 11=, 11, 31.1818, 0.2538,"Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609,"003454-07-7",93
 12=, 12, 31.5402, 0.3848,"3-Phenylbut-1-ene", 13589,"000934-10-1",91
 13=, 13, 31.6422, 0.2234,"1H-Indene, 3-methyl-", 12687,"000767-60-2",50
 14=, 14, 32.5073, 8.7696,"Naphthalene-D8", 15146,"001146-65-2",94
 15=, 15, 32.6117,42.8780,"Naphthalene", 11578,"000091-20-3",97
 16=, 16, 32.7686, 1.4010,"Benzo[b]thiophene", 14777,"000095-15-8",81
 17=, 17, 33.1282, 0.1230,"Benzene, (1,1-dimethyl-2-propenyl)-", 20819,"018321-36-3",64
 18=, 18, 35.8329, 0.1843,"Benzo[b]thiophene, 6-methyl-", 22369,"016587-47-6",90
 19=, 19, 36.1076, 2.9033,"Naphthalene, 1-methyl-", 18566,"000090-12-0",96
 20=, 20, 36.2890, 0.1887,"Benzo[b]thiophene, 6-methyl-", 22369,"016587-47-6",70
 21=, 21, 36.4638, 0.1702,"Benzo[b]thiophene, 2-methyl-", 22368,"001195-14-8",76
 22=, 22, 36.5971, 3.5458,"Naphthalene, 1-methyl-", 18566,"000090-12-0",96
 23=, 23, 38.3670, 0.3772,"Biphenyl", 25988,"000092-52-4",96



24=, 24, 38.9548, 0.1933, "Naphthalene, 2-ethyl-", 27276, "000939-27-5", 81
 25=, 25, 39.2810, 0.2018, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314, "000575-43-9", 96
 26=, 26, 39.3250, 0.2275, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27296, "000582-16-1", 96
 27=, 27, 39.6862, 0.5607, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27297, "000582-16-1", 97
 28=, 28, 39.7930, 0.2546, "Naphthalene, 1,4-dimethyl-", 27312, "000571-58-4", 95
 29=, 29, 40.2446, 0.1300, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314, "000575-43-9", 96
 30=, 30, 40.6588, 0.1174, "Naphthalene, 1,5-dimethyl-", 27292, "000571-61-9", 93
 31=, 31, 41.2554, 14.2979, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 74
 32=, 32, 41.4015, 4.5613, "Acenaphthene", 25996, "000083-32-9", 93
 33=, 33, 42.1069, 0.1549, "1-Isopropenyl-naphthalene", 35108, "001855-47-6", 50
 34=, 34, 42.2399, 2.2415, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 94
 35=, 35, 43.9254, 2.8370, "Fluorene", 33580, "000086-73-7", 97
 36=, 36, 44.4322, 0.2333, "1,1'-Biphenyl, 4-methyl-", 35110, "000644-08-6", 60
 37=, 37, 44.8479, 0.2364, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 86
 38=, 38, 45.2008, 0.2580, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 89
 39=, 39, 46.0719, 0.0910, "Acridine-9-carbaldehyde", 62218, "1000318-45-4", 53
 40=, 40, 46.7186, 0.1506, "9H-Fluorene, 9-methyl-", 43239, "002523-37-7", 74
 41=, 41, 47.9324, 0.3046, "Naphtho[2,3-b]thiophene", 46038, "000268-77-9", 93
 42=, 42, 48.5601, 2.7249, "Phenanthrene", 41767, "000085-01-8", 96
 43=, 43, 48.8098, 0.4773, "Phenanthrene", 41763, "000085-01-8", 96
 44=, 44, 49.2159, 0.3892, "5H-Indeno[1,2-b]pyridine", 34225, "000244-99-5", 91
 45=, 45, 51.0813, 0.1672, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 59
 46=, 46, 51.2194, 0.1221, "Anthracene, 9-ethyl-9,10-dihydro-9,10-dimethyl-", 82678, "054947-86-3", 53
 47=, 47, 51.6473, 0.2368, "1-Methyl-3-phenylindole", 62224, "030020-98-5", 38
 48=, 48, 55.3874, 0.6591, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 95
 49=, 49, 57.0377, 0.2433, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 49

8104 3rd

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"

1=, 1, 19.7789, 0.4625, "Ethylbenzene", 4955, "000100-41-4", 91
 2=, 2, 25.1748, 0.0873, "Benzene, 1,3,5-trimethyl-", 9124, "000108-67-8", 87
 3=, 3, 25.7848, 0.2596, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9115, "000526-73-8", 94
 4=, 4, 26.3155, 0.1281, "Cyclotetrasiloxane, octamethyl-", 122479, "000556-67-2", 86
 5=, 5, 26.8991, 0.2263, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9115, "000526-73-8", 95
 6=, 6, 27.3757, 4.3472, "Indane", 8675, "000496-11-7", 93
 7=, 7, 29.3130, 0.1727, "Benzene, (2-methyl-1-propenyl)-", 13619, "000768-49-0", 91
 8=, 8, 29.5528, 0.1651, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066, "017059-52-8", 94
 9=, 9, 29.7649, 0.3696, "Benzofuran, 2-methyl-", 14063, "004265-25-2", 90
 10=, 10, 31.1737, 0.1994, "Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609, "003454-07-7", 93
 11=, 11, 31.5351, 0.3505, "Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609, "003454-07-7", 94
 12=, 12, 31.6338, 0.2129, "Naphthalene, 1,2-dihydro-", 12697, "000447-53-0", 90
 13=, 13, 32.0021, 0.6053, "Cyclopentasiloxane, decamethyl-", 161017, "000541-02-6", 91
 14=, 14, 32.5010, 13.9064, "Naphthalene-D8", 15146, "001146-65-2", 94
 15=, 15, 32.6001, 30.6300, "Naphthalene", 11578, "000091-20-3", 97
 16=, 16, 32.7614, 1.2464, "Cyclopenta[c]thiapyran", 14780, "000270-63-3", 93
 17=, 17, 34.6411, 0.1155, "Benzo[b]thiophene, 2,3-dihydro-", 15822, "004565-32-6", 87
 18=, 18, 35.8252, 0.1714, "3-Methylbenzothiophene", 22363, "001455-18-1", 90
 19=, 19, 36.1011, 1.5160, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566, "000090-12-0", 96
 20=, 20, 36.4550, 0.1385, "Benzo[b]thiophene, 2-methyl-", 22370, "001195-14-8", 76
 21=, 21, 36.5912, 2.6886, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 96
 22=, 22, 37.3539, 0.8282, "Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-", 179152, "000540-97-6", 91
 23=, 23, 38.3610, 0.3403, "Biphenyl", 25992, "000092-52-4", 96
 24=, 24, 39.2792, 0.1375, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314, "000575-43-9", 96
 25=, 25, 39.3196, 0.1541, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314, "000575-43-9", 98
 26=, 26, 39.6838, 0.4063, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8", 98
 27=, 27, 39.7880, 0.1656, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27297, "000582-16-1", 97
 28=, 28, 40.2405, 0.1053, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27297, "000582-16-1", 95
 29=, 29, 40.6479, 0.0864, "Naphthalene, 1,8-dimethyl-", 27305, "000569-41-5", 95
 30=, 30, 41.2517, 21.9316, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 74
 31=, 31, 41.3963, 4.4150, "Acenaphthene", 25996, "000083-32-9", 93



32=, 32, 41.5699, 0.3518, "Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-", 61449,"000096-76-4",76
 33=, 33, 42.0948, 0.5603,"Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-",185541,"000107-50-6",93
 34=, 34, 42.2347, 1.8815,"Dibenzofuran", 35097,"000132-64-9",91
 35=, 35, 43.9218, 2.5494,"Fluorene", 33582,"000086-73-7",96
 36=, 36, 44.4263, 0.2419,"Methanamine, N-(diphenylethenylidene)-", 62245,"013911-54-1",43
 37=, 37, 44.8455, 0.2424,"Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605,"007320-53-8",78
 38=, 38, 45.1991, 0.2508,"9H-Fluoren-9-ol", 44600,"001689-64-1",55
 39=, 39, 46.0619, 0.0989,"1H-Indole, 5-methyl-2-phenyl-", 62237,"013228-36-9",50
 40=, 40, 46.2669, 0.2865,"1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene", 72520,"017151-09-6",30
 41=, 41, 46.7131, 0.1473,"Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243,"000605-67-4",59
 42=, 42, 47.9282, 0.2890,"Dibenzothiophene", 46035,"000132-65-0",86
 43=, 43, 48.5564, 2.5816,"Phenanthrene", 41765,"000085-01-8",96
 44=, 44, 48.8070, 0.5221,"Phenanthrene", 41763,"000085-01-8",96
 45=, 45, 49.2102, 0.9163,"5H-Indeno[1,2-b]pyridine", 34225,"000244-99-5",94
 46=, 46, 49.8352, 0.2545,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",58
 47=, 47, 51.0730, 0.2699,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123,"000541-05-9",53
 48=, 48, 51.2122, 0.1401,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",58
 49=, 49, 51.6473, 0.3325,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",43
 50=, 50, 51.7851, 0.1243,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",72
 51=, 51, 53.4909, 0.1403,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123,"000541-05-9",58
 52=, 52, 55.3856, 0.9813,"Fluoranthene", 58557,"000206-44-0",95
 53=, 53, 57.0355, 0.2677,"Pyrene", 58555,"000129-00-0",64

8104 4th

Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"

1=, 1, 19.7810, 0.3849,"Ethylbenzene", 4954,"000100-41-4",94
 2=, 2, 25.1779, 0.0892,"Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9132,"000611-14-3",90
 3=, 3, 25.7874, 0.2047,"Benzene, 1,3,5-trimethyl-", 9124,"000108-67-8",95
 4=, 4, 26.9035, 0.2052,"Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9118,"000526-73-8",91
 5=, 5, 27.3805, 3.7891,"Indane", 8677,"000496-11-7",91
 6=, 6, 29.2519, 0.0559,"Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethyl-", 14401,"000934-80-5",95
 7=, 7, 29.3199, 0.1655,"Benzene, 1-ethenyl-3-ethyl-", 13607,"007525-62-4",91
 8=, 8, 29.5559, 0.1452,"Benzofuran, 7-methyl-", 14066,"017059-52-8",93
 9=, 9, 29.7692, 0.2956,"Benzofuran, 7-methyl-", 14066,"017059-52-8",93
 10=, 10, 29.9212, 0.0538,"Benzofuran, 2-methyl-", 14068,"004265-25-2",93
 11=, 11, 31.1793, 0.1659,"Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609,"003454-07-7",94
 12=, 12, 31.5385, 0.3558,"1H-Indene, 2,3-dihydro-5-methyl-", 13626,"000874-35-1",95
 13=, 13, 31.6383, 0.2076,"Cycloprop[a]indene, 1,1a,6,6a-tetrahydro-", 12714,"015677-15-3",60
 14=, 14, 32.0066, 0.1037,"Cyclopentasiloxane, decamethyl-",161016,"000541-02-6",91
 15=, 15, 32.5048,10.9975,"Naphthalene-D8", 15146,"001146-65-2",95
 16=, 16, 32.6038,27.2769,"Naphthalene", 11576,"000091-20-3",97
 17=, 17, 32.7670, 0.8949,"Benzo[b]thiophene", 14778,"000095-15-8",93
 18=, 18, 33.1250, 0.1127,"1H-Indazole, 5,7-dimethyl-", 21359,"043067-41-0",60
 19=, 19, 34.6421, 0.1166,"Benzo[b]thiophene, 2,3-dihydro-", 15822,"004565-32-6",91
 20=, 20, 35.8309, 0.1859,"Benzo[b]thiophene, 6-methyl-", 22369,"016587-47-6",90
 21=, 21, 36.1048, 1.5162,"Naphthalene, 1-methyl-", 18566,"000090-12-0",96
 22=, 22, 36.4566, 0.1497,"Benzo[b]thiophene, 5-methyl-", 22367,"014315-14-1",81
 23=, 23, 36.5957, 2.5980,"Naphthalene, 1-methyl-", 18566,"000090-12-0",96
 24=, 24, 37.3584, 0.1956,"Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-",179152,"000540-97-6",91
 25=, 25, 38.3622, 0.2956,"Biphenyl", 25992,"000092-52-4",96
 26=, 26, 38.9583, 0.0952,"Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27293,"000575-41-7",62
 27=, 27, 39.3220, 0.3533,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",98
 28=, 28, 39.6865, 0.5587,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",98
 29=, 29, 39.7940, 0.2053,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",97
 30=, 30, 40.2423, 0.2982,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",98
 31=, 31, 40.3126, 0.1117,"Naphthalene, 1,7-dimethyl-", 27288,"000575-37-1",96
 32=, 32, 40.6561, 0.1389,"Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27294,"000582-16-1",95
 33=, 33, 41.2559,16.0322,"Acenaphthene-d10", 32157,"015067-26-2",52
 34=, 34, 41.4014, 5.5462,"Acenaphthene", 25996,"000083-32-9",93
 35=, 35, 41.5721, 0.2387,"Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-", 61449,"000096-76-4",92



36=, 36, 41.8636, 0.1148, "Butylated Hydroxytoluene", 71368, "000128-37-0", 95
 37=, 37, 42.1023, 0.2961, "Benzene, [1-(2,4-cyclopentadien-1-ylidene)ethyl]-", 35123, "002320-32-3", 50
 38=, 38, 42.2385, 2.9166, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 91
 39=, 39, 42.4979, 0.1511, "Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36486, "002245-38-7", 95
 40=, 40, 42.6509, 0.1326, "Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36486, "002245-38-7", 97
 41=, 41, 43.0411, 0.1405, "Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36485, "002245-38-7", 96
 42=, 42, 43.1579, 0.1235, "Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488, "000829-26-5", 95
 43=, 43, 43.4914, 0.2112, "Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36486, "002245-38-7", 95
 44=, 44, 43.8322, 0.0716, "3,3'-Dimethylbiphenyl", 44663, "000612-75-9", 86
 45=, 45, 43.9242, 4.0325, "Fluorene", 33580, "000086-73-7", 97
 46=, 46, 44.1262, 0.2116, "9H-Fluorene-2-carboxylic acid, 9-oxo-, (2-hydroxyethyl)(methyl)amide", 112598, "1000316-02-1", 35
 47=, 47, 44.2605, 0.1884, "1-Isopropenyl-naphthalene", 35108, "001855-47-6", 90
 48=, 48, 44.4310, 0.5401, "1,1'-Biphenyl, 4-methyl-", 35110, "000644-08-6", 70
 49=, 49, 44.6224, 0.2501, "1,1'-Biphenyl, 2-methyl-", 35119, "000643-58-3", 87
 50=, 50, 44.8465, 0.4859, "[1,1'-Biphenyl]-4-carboxaldehyde", 44610, "003218-36-8", 76
 51=, 51, 45.2039, 0.5800, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 91
 52=, 52, 45.4632, 0.1451, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 89
 53=, 53, 46.0680, 0.1798, "Anthracene, 9,10-dihydro-", 43251, "000613-31-0", 90
 54=, 54, 46.7158, 0.4010, "9H-Fluorene, 1-methyl-", 43244, "001730-37-6", 96
 55=, 55, 46.8641, 0.1714, "9H-Fluorene, 4-methyl-", 43230, "001556-99-6", 66
 56=, 56, 47.1371, 0.1975, "1H-Indole, 1-methyl-2-phenyl-", 62238, "003558-24-5", 53
 57=, 57, 47.5021, 0.1461, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 58
 58=, 58, 47.6596, 0.1794, "2-Methyl-7-phenylindole", 62225, "001140-08-5", 49
 59=, 59, 47.9347, 0.6836, "Dibenzothiophene", 46035, "000132-65-0", 96
 60=, 60, 48.5618, 5.4956, "Phenanthrene", 41763, "000085-01-8", 96
 61=, 61, 48.8082, 1.4865, "Anthracene", 41762, "000120-12-7", 96
 62=, 62, 49.2150, 0.6004, "5H-Indeno[1,2-b]pyridine", 34227, "000244-99-5", 89
 63=, 63, 51.0812, 0.4178, "Anthracene, 2-methyl-", 51397, "000613-12-7", 95
 64=, 64, 51.2137, 0.3829, "Phenanthrene, 1-methyl-", 51408, "000832-69-9", 95
 65=, 65, 51.4561, 0.1198, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 58
 66=, 66, 51.6487, 0.7729, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50048, "000203-64-5", 60
 67=, 67, 51.7871, 0.2709, "1H-1,2,4-Triazole-5(4H)-thione, 4-allyl-3-(3-furyl)-", 62367, "1000277-38-2", 53
 68=, 68, 52.6451, 0.1093, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 58
 69=, 69, 55.3861, 2.3185, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 98
 70=, 70, 57.0323, 1.0699, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 78
 71=, 71, 57.1742, 0.1289, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 64
 72=, 72, 60.2544, 0.1359, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 64

8104 5th

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"
 1=, 1, 14.2480, 2.2475, "Toluene", 2400, "000108-88-3", 91
 2=, 2, 19.4265, 0.8196, "Ethylbenzene", 4954, "000100-41-4", 87
 3=, 3, 19.8515, 1.3512, "o-Xylene", 4953, "000095-47-6", 81
 4=, 4, 20.9630, 0.4208, "Benzene, 1,3-dimethyl-", 4970, "000108-38-3", 81
 5=, 5, 25.4541, 0.4233, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9118, "000526-73-8", 94
 6=, 6, 27.0379, 4.0555, "Indane", 8677, "000496-11-7", 87
 7=, 7, 29.7142, 0.4966, "Undecane", 27240, "001120-21-4", 90
 8=, 8, 32.1569, 22.0809, "Naphthalene-D8", 15147, "001146-65-2", 95
 9=, 9, 32.2519, 10.1893, "Naphthalene", 11576, "000091-20-3", 91
 10=, 10, 32.4224, 0.7854, "Cyclopenta[b]thiapyran", 14781, "000271-17-0", 70
 11=, 11, 33.0015, 0.5126, "Octane, 2-methyl-", 12277, "003221-61-2", 59
 12=, 12, 36.2551, 1.4790, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566, "000090-12-0", 94
 13=, 13, 40.9065, 26.0344, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 72
 14=, 14, 41.0541, 4.1171, "Acenaphthene", 25994, "000083-32-9", 81
 15=, 15, 41.9024, 2.0362, "1(2H)-Acenaphthylene", 35099, "002235-15-6", 91
 16=, 16, 43.5855, 2.2595, "Fluorene", 33580, "000086-73-7", 94
 17=, 17, 48.2241, 1.7064, "Anthracene", 41762, "000120-12-7", 95
 18=, 18, 48.9080, 0.7378, "5H-Indeno[1,2-b]pyridine", 34226, "000244-99-5", 72
 19=, 19, 54.9579, 18.2470, "Octadecane, 1-chloro-", 117263, "003386-33-2", 94

**8104 6th**

Header=,"PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"
 1=, 1, 19.4293, 0.5183,"Ethylbenzene", 4954,"000100-41-4",87
 2=, 2, 27.0389, 4.4752,"Indane", 8677,"000496-11-7",76
 3=, 3, 32.1626,28.8473,"Naphthalene-D8", 15147,"001146-65-2",95
 4=, 4, 32.2567,13.7280,"Naphthalene", 11576,"000091-20-3",93
 5=, 5, 32.4261, 0.9418,"Cyclopenta[b]thiapyran", 14781,"000271-17-0",90
 6=, 6, 36.2554, 1.6176,"Benzocycloheptatriene", 18561,"000264-09-5",96
 7=, 7, 40.9150,37.1756,"Acenaphthene-d10", 32157,"015067-26-2",72
 8=, 8, 41.0565, 3.6994,"Acenaphthene", 25993,"000083-32-9",86
 9=, 9, 41.8999, 1.9878,"Dibenzofuran", 35097,"000132-64-9",94
 10=, 10, 43.5845, 1.9739,"Fluorene", 33582,"000086-73-7",76
 11=, 11, 48.2219, 1.1552,"Phenanthrene", 41767,"000085-01-8",93
 12=, 12, 48.8976, 0.5062,"Carbazole", 34222,"000086-74-8",90
 13=, 13, 54.9572, 3.3740,"Hexadecane, 1-chloro-", 98779,"004860-03-1",80

8105 1st

Header=,"PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"
 1=, 1, 8.5729, 0.1034,"Benzene", 1001,"000071-43-2",80
 2=, 2, 19.7891, 0.6473,"Ethylbenzene", 4955,"000100-41-4",93
 3=, 3, 20.2107, 0.1728,"p-Xylene", 4944,"000106-42-3",93
 4=, 4, 21.3196, 0.2085,"o-Xylene", 4953,"000095-47-6",95
 5=, 5, 22.8246, 0.0976,"Benzene, (1-methylethyl)-", 9120,"000098-82-8",90
 6=, 6, 24.4295, 0.0340,"Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9135,"000620-14-4",60
 7=, 7, 25.1785, 0.1328,"Benzene, 1-ethyl-4-methyl-", 9136,"000622-96-8",93
 8=, 8, 25.7927, 0.2450,"Benzene, 1,2,4-trimethyl-", 9127,"000095-63-6",94
 9=, 9, 26.3268, 0.0597,"Cyclotetrasiloxane, octamethyl-",122480,"000556-67-2",86
 10=, 10, 26.9068, 0.2484,"Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9125,"000526-73-8",95
 11=, 11, 27.3851, 5.7446,"Indane", 8675,"000496-11-7",93
 12=, 12, 27.6260, 0.3593,"Indene", 8167,"000095-13-6",96
 13=, 13, 29.2586, 0.0516,"Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-", 14385,"000095-93-2",90
 14=, 14, 29.3293, 0.3287,"Indan, 1-methyl-", 13588,"000767-58-8",90
 15=, 15, 29.5604, 0.2668,"Benzofuran, 7-methyl-", 14066,"017059-52-8",94
 16=, 16, 29.7731, 0.5560,"Benzofuran, 2-methyl-", 14063,"004265-25-2",95
 17=, 17, 29.9209, 0.1391,"Benzofuran, 2-methyl-", 14068,"004265-25-2",91
 18=, 18, 30.5504, 0.0773,"Benzene, 1,2,3,4-tetramethyl-", 14377,"000488-23-3",87
 19=, 19, 31.1853, 0.1961,"1H-Indene, 2,3-dihydro-4-methyl-", 13627,"000824-22-6",90
 20=, 20, 31.4684, 0.0662,"Benzene, (1-methyl-2-cyclopropen-1-yl)-", 12712,"065051-83-4",95
 21=, 21, 31.5438, 0.3073,"Benzene, 2-ethenyl-1,4-dimethyl-", 13624,"002039-89-6",91
 22=, 22, 31.6455, 0.2095,"1H-Indene, 3-methyl-", 12687,"000767-60-2",90
 23=, 23, 32.0133, 0.1533,"Cyclopentasiloxane, decamethyl-",161016,"000541-02-6",80
 24=, 24, 32.5100,20.6885,"Naphthalene-D8", 15146,"001146-65-2",94
 25=, 25, 32.6054,20.3251,"Naphthalene", 11578,"000091-20-3",97
 26=, 26, 32.7731, 0.6958,"Benzo[b]thiophene", 14778,"000095-15-8",60
 27=, 27, 33.1338, 0.1255,"3-Buten-2-one, 4-phenyl-", 20727,"000122-57-6",52
 28=, 28, 34.6463, 0.1304,"Benzo[b]thiophene, 2,3-dihydro-", 15820,"004565-32-6",87
 29=, 29, 35.8342, 0.1950,"Benzo[b]thiophene, 6-methyl-", 22369,"016587-47-6",87
 30=, 30, 36.1115, 0.1917,"Naphthalene, 2-methyl-", 18568,"000091-57-6",93
 31=, 31, 36.4658, 0.1159,"Benzo[b]thiophene, 4-methyl-", 22366,"014315-11-8",70
 32=, 32, 36.5999, 1.6250,"Naphthalene, 2-methyl-", 18568,"000091-57-6",96
 33=, 33, 37.3613, 0.1700,"Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-",179151,"000540-97-6",58
 34=, 34, 38.3691, 0.1487,"Biphenyl", 25992,"000092-52-4",95
 35=, 35, 39.0234, 0.0779,"Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27293,"000575-41-7",46
 36=, 36, 39.6932, 0.2042,"Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27294,"000582-16-1",95
 37=, 37, 40.2415, 0.1311,"Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314,"000575-43-9",97
 38=, 38, 40.3204, 0.1134,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",95
 39=, 39, 40.6556, 0.1105,"Naphthalene, 1,8-dimethyl-", 27305,"000569-41-5",96
 40=, 40, 40.7837, 0.0700,"Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243,"000605-67-4",50
 41=, 41, 41.2631,28.7050,"Acenaphthene-d10", 32157,"015067-26-2",93
 42=, 42, 41.4061, 4.6661,"Acenaphthene", 25993,"000083-32-9",89



43=, 43, 41.5765, 0.6768, "Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-", 61449,"000096-76-4",96
 44=, 44, 42.1071, 0.2482,"Octasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13,15,15-hexadecamethyl-",187862,"019095-24-0",47
 45=, 45, 42.2422, 2.3373,"Dibenzofuran", 35097,"000132-64-9",91
 46=, 46, 42.5003, 0.1562,"Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482,"002131-42-2",68
 47=, 47, 42.6581, 0.1266,"Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36486,"002245-38-7",78
 48=, 48, 43.0523, 0.0667,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123,"000541-05-9",38
 49=, 49, 43.9293, 2.4484,"Fluorene", 33582,"000086-73-7",96
 50=, 50, 44.2705, 0.0995,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",49
 51=, 51, 44.4361, 0.2981,"Benzenepropanenitrile, .beta.-phenyl-", 62244,"002286-54-6",52
 52=, 52, 44.6268, 0.1641,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",46
 53=, 53, 44.8542, 0.2787,"2-Hydroxyfluorene", 44603,"002443-58-5",89
 54=, 54, 45.2084, 0.3063,"Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605,"007320-53-8",55
 55=, 55, 45.4712, 0.0507,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",62
 56=, 56, 46.0698, 0.1074,"Acridine-9-carbaldehyde", 62218,"1000318-45-4",53
 57=, 57, 46.2799, 0.0667,"Tetrasiloxane, decamethyl-",130463,"000141-62-8",50
 58=, 58, 46.7187, 0.1753,"1H-Indole, 1-methyl-2-phenyl-", 62238,"003558-24-5",53
 59=, 59, 46.8732, 0.0799,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",58
 60=, 60, 47.1441, 0.1521,"1H-Indole, 1-methyl-2-phenyl-", 62235,"003558-24-5",52
 61=, 61, 47.9445, 0.3176,"Dibenzothiophene", 46032,"000132-65-0",86
 62=, 62, 48.5637, 0.7608,"Phenanthrene", 41765,"000085-01-8",96
 63=, 63, 48.8161, 0.4844,"Anthracene", 41766,"000085-01-8",96
 64=, 64, 49.2228, 0.1991,"Carbazole", 34223,"000086-74-8",46
 65=, 65, 51.0591, 0.0748,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",72
 66=, 66, 51.0928, 0.0797,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",72
 67=, 67, 51.6578, 0.2464,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",49
 68=, 68, 51.8024, 0.0649,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123,"000541-05-9",64
 69=, 69, 55.4049, 0.8334,"Fluoranthene", 58557,"000206-44-0",86
 70=, 70, 57.0414, 0.2009,"Pyrene", 73121,"000541-05-9",53
 71=, 71, 57.1964, 0.0041,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",72

8105 2nd

Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"
 1=, 1, 8.6682, 1.0858,"1-Pentene, 2-methyl-", 1452,"000763-29-1",64
 2=, 2, 9.4517, 0.5576,"2-Octen-4-ol", 12051,"004798-61-2", 9
 3=, 3, 10.8962, 0.5584,"Heptane", 3887,"000142-82-5",90
 4=, 4, 12.2369, 1.7948,"Cyclohexane, methyl-", 3271,"000108-87-2",94
 5=, 5, 14.2331, 1.5811,"Toluene", 2395,"000108-88-3",83
 6=, 6, 14.8875, 0.3364,"Heptane, 1,1'-oxybis-", 67341,"000629-64-1",40
 7=, 7, 16.8081, 0.4987,"Octane", 7421,"000111-65-9",72
 8=, 8, 18.5325, 0.5981,"Cyclohexane, ethyl-", 6482,"001678-91-7",86
 9=, 9, 18.8063, 0.6526,"Cyclohexane, 1,1,3-trimethyl-", 11227,"003073-66-3",78
 10=, 10, 19.4177, 0.6913,"o-Xylene", 4952,"000095-47-6",64
 11=, 11, 19.8270, 1.8744,"p-Xylene", 4948,"000106-42-3",83
 12=, 12, 20.1991, 0.7568,"2,6-Dimethyldecane", 36435,"013150-81-7",50
 13=, 13, 20.5349, 0.7089,"Octane, 3-methyl-", 12282,"002216-33-3",72
 14=, 14, 20.9478, 0.6762,"p-Xylene", 4947,"000106-42-3",86
 15=, 15, 21.8232, 1.1845,"Nonane", 12267,"000111-84-2",80
 16=, 16, 23.1912, 0.4003,"Cyclohexane, propyl-", 11175,"001678-92-8",86
 17=, 17, 23.3990, 0.5067,"Octane, 2,6-dimethyl-", 18524,"002051-30-1",78
 18=, 18, 23.7608, 0.4733,"Benzene, propyl-", 9110,"000103-65-1",30
 19=, 19, 24.0762, 0.3515,"Benzene, (1-methylethyl)-", 9114,"000098-82-8",59
 20=, 20, 24.8222, 0.3245,"Benzene, (1-methylethyl)-", 9119,"000098-82-8",80
 21=, 21, 25.4358, 1.0140,"Benzene, 1-ethyl-4-methyl-", 9137,"000622-96-8",86
 22=, 22, 26.0422, 0.8196,"Decane", 18486,"000124-18-5",91
 23=, 23, 27.0265, 2.3244,"Benzene, cyclopropyl-", 8690,"000873-49-4",81
 24=, 24, 28.9695, 0.4198,"3-Phenylbut-1-ene", 13589,"000934-10-1",80
 25=, 25, 32.1447,27.2375,"Naphthalene-D8", 15147,"001146-65-2",95
 26=, 26, 40.8944,29.9735,"Acenaphthene-d10", 32157,"015067-26-2",72
 27=, 27, 41.0454, 9.6207,"Acenaphthene", 25995,"000083-32-9",81
 28=, 28, 41.9014, 3.3012,"Dibenzofuran", 35097,"000132-64-9",64



29=, 29, 43.5950, 1.1901, "Fluorene", 33580,"000086-73-7",70
 30=, 30, 45.9057, 0.5888,"Heptasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13-tetradecamethyl-",184742,"019095-23-9",25
 31=, 31, 48.2303, 0.5215,"1-Hexadecanol", 86860,"036653-82-4",20
 32=, 32, 54.9499, 7.3769,"Hexadecane, 1-chloro-", 98777,"004860-03-1",58

8105 3rd

Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"

1=, 1, 27.0400, 2.1279,"Indane", 8675,"000496-11-7",76
 2=, 2, 32.1583,40.8237,"Naphthalene-D8", 15147,"001146-65-2",95
 3=, 3, 40.9101,48.8970,"Acenaphthene-d10", 32157,"015067-26-2",74
 4=, 4, 41.0528, 3.6525,"Acenaphthene", 25993,"000083-32-9",64
 5=, 5, 41.9062, 1.3311,"Dibenzofuran", 35097,"000132-64-9",90
 6=, 6, 54.9579, 3.1677,"Octadecane, 1-chloro-",117264,"003386-33-2",90

8106 1st

Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"

1=, 1, 20.1837, 0.1952,"o-Xylene", 4953,"000095-47-6",97
 2=, 2, 24.3994, 0.1518,"Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9134,"000611-14-3",95
 3=, 3, 24.7311, 0.2240,"Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9118,"000526-73-8",94
 4=, 4, 25.7703, 0.3846,"Benzene, 1,2,4-trimethyl-", 9128,"000095-63-6",95
 5=, 5, 26.8840, 0.2354,"Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9118,"000526-73-8",94
 6=, 6, 27.3649, 1.7046,"Indane", 8677,"000496-11-7",91
 7=, 7, 28.2306, 0.3291,"Benzenemethanol, .alpha.,.alpha.-dimethyl-", 15980,"000617-94-7",72
 8=, 8, 29.1018, 0.3439,"Nonanal", 19202,"000124-19-6",80
 9=, 9, 29.3027, 0.1797,"Benzene, 1-ethenyl-3-ethyl-", 13607,"007525-62-4",87
 10=, 10, 29.7503, 0.2048,"3-Phenyl-2-propyn-1-ol", 14071,"001504-58-1",90
 11=, 11, 31.1632, 0.2259,"Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609,"003454-07-7",94
 12=, 12, 31.5239, 0.4182,"1H-Indene, 2,3-dihydro-4-methyl-", 13627,"000824-22-6",94
 13=, 13, 31.6305, 0.1686,"Benzene, 2-ethyl-1,3-dimethyl-", 14392,"002870-04-4",93
 14=, 14, 32.6072,28.6081,"Naphthalene", 11574,"000275-51-4",95
 15=, 15, 32.7507, 2.2164,"Benzo[b]thiophene", 14778,"000095-15-8",95
 16=, 16, 32.8578, 0.4848,"Ethanol, 2-phenoxy-", 16694,"000122-99-6",91
 17=, 17, 33.1117, 0.2953,"1H-Benzimidazole, 5,6-dimethyl-", 21366,"000582-60-5",58
 18=, 18, 33.8319, 0.9572,"1-Phenoxypropan-2-ol", 24877,"000770-35-4",81
 19=, 19, 35.8143, 0.3891,"Benzo[b]thiophene, 6-methyl-", 22369,"016587-47-6",95
 20=, 20, 36.0932, 2.3338,"Naphthalene, 2-methyl-", 18568,"000091-57-6",96
 21=, 21, 36.4419, 0.4146,"Benzo[b]thiophene, 2-methyl-", 22370,"001195-14-8",93
 22=, 22, 36.5899, 7.7546,"Naphthalene, 1-methyl-", 18566,"000090-12-0",96
 23=, 23, 38.3500, 2.1038,"Biphenyl", 25988,"000092-52-4",96
 24=, 24, 38.9391, 0.5128,"Naphthalene, 1-ethyl-", 27281,"001127-76-0",95
 25=, 25, 39.0007, 0.1526,"Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27293,"000575-41-7",76
 26=, 26, 39.2641, 0.5753,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",98
 27=, 27, 39.3087, 0.5107,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",98
 28=, 28, 39.6753, 1.5606,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",98
 29=, 29, 39.7812, 0.7589,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",98
 30=, 30, 39.9902, 0.1884,"5,9-Undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-, (E)-", 52824,"003796-70-1",80
 31=, 31, 40.2316, 0.5686,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27300,"000581-40-8",96
 32=, 32, 40.3031, 0.2166,"Naphthalene, 1,7-dimethyl-", 27288,"000575-37-1",97
 33=, 33, 40.6473, 0.5967,"Naphthalene, 1,4-dimethyl-", 27312,"000571-58-4",96
 34=, 34, 40.7918, 0.3002,"Acetic acid, 2,6,6-trimethyl-3-methylene-7-(3-oxobutylidene)oxepan-2-yl ester",111781,"1000185-41-4",35
 35=, 35, 41.0829, 0.1577,"1,4-Benzenedicarboxylic acid, dimethyl ester", 52309,"000120-61-6",97
 36=, 36, 41.1830, 0.9871,"1,1'-Biphenyl, 3-methyl-", 35115,"000643-93-6",50
 37=, 37, 41.4010,10.0856,"Acenaphthene", 25993,"000083-32-9",96
 38=, 38, 41.5423, 0.7196,"Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-", 61449,"000096-76-4",97
 39=, 39, 42.0953, 0.2019,".beta.-(1-Naphthyl)acrylic acid", 55816,"013026-12-5",50
 40=, 40, 42.2338, 5.0041,"Dibenzofuran", 35097,"000132-64-9",91
 41=, 41, 43.2396, 0.1605,"Diethyl Phthalate", 72414,"000084-66-2",98
 42=, 42, 43.7319, 0.2007,"Cyclododecanone", 44522,"000830-13-7",64
 43=, 43, 43.9205, 5.1103,"Fluorene", 33580,"000086-73-7",97



44=, 44, 44.4352, 0.6736, "1,1'-Biphenyl, 4-methyl-", 35117, "000644-08-6", 90
 45=, 45, 44.8340, 0.4722, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 93
 46=, 46, 45.1898, 0.4015, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 94
 47=, 47, 45.4477, 0.1841, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 70
 48=, 48, 45.5469, 0.6468, "Octane, 1,1'-oxybis-", 86866, "000629-82-3", 91
 49=, 49, 45.6620, 0.9044, "Cyclotetradecane", 54517, "000295-17-0", 97
 50=, 50, 46.0485, 0.2291, "Anthracene, 1,2-dihydro-", 43248, "058746-82-0", 95
 51=, 51, 46.4185, 0.1407, "Phenol, 2,4-di-t-butyl-6-nitro-", 92598, "020039-94-5", 81
 52=, 52, 46.5144, 0.3423, "Benzoic acid, 2-methylpropyl ester", 41460, "000120-50-3", 27
 53=, 53, 46.7178, 3.7763, "Hexanedioic acid, bis(2-ethylhexyl) ester", 161421, "000103-23-1", 93
 54=, 54, 47.5950, 0.1827, "2-Bromopropionic acid, 2-phenylethyl ester", 95653, "043216-34-8", 43
 55=, 55, 47.9242, 0.5819, "Dibenzothiophene", 46035, "000132-65-0", 97
 56=, 56, 48.5593, 4.8895, "Phenanthrene", 41763, "000085-01-8", 96
 57=, 57, 48.8030, 0.4038, "Anthracene", 41762, "000120-12-7", 95
 58=, 58, 48.9417, 0.3101, "Isopropyl Myristate", 105615, "000110-27-0", 96
 59=, 59, 49.2072, 0.6152, "Carbazole", 34221, "000086-74-8", 94
 60=, 60, 51.0629, 0.6025, "Anthracene, 1-methyl-", 51394, "000610-48-0", 95
 61=, 61, 51.1507, 0.6879, "(E,E)-7,11,15-Trimethyl-3-methylene-hexadeca-1,6,10,14-tetraene", 107090, "070901-63-2", 87
 62=, 62, 51.6339, 0.3536, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50048, "000203-64-5", 68
 63=, 63, 53.4386, 3.1448, "Isopropyl Palmitate", 123689, "000142-91-6", 58
 64=, 64, 55.3717, 0.9503, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 98
 65=, 65, 57.0282, 0.6149, "Pyrene", 58551, "000129-00-0", 95

8106 2nd

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"
 1=, 1, 19.7748, 0.5049, "Ethylbenzene", 4954, "000100-41-4", 95
 2=, 2, 20.1985, 0.2560, "p-Xylene", 4950, "000106-42-3", 95
 3=, 3, 20.2491, 0.3410, "o-Xylene", 4953, "000095-47-6", 97
 4=, 4, 21.3071, 0.2441, "o-Xylene", 4952, "000095-47-6", 97
 5=, 5, 24.4130, 0.1612, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9130, "000620-14-4", 97
 6=, 6, 24.5083, 0.3018, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9129, "000611-14-3", 94
 7=, 7, 25.1680, 0.3253, "Benzene, 1,3,5-trimethyl-", 9124, "000108-67-8", 91
 8=, 8, 25.7785, 0.8755, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9125, "000526-73-8", 95
 9=, 9, 26.8919, 0.4986, "Benzene, 1,2,4-trimethyl-", 9126, "000095-63-6", 94
 10=, 10, 27.3690, 4.5040, "Indane", 8675, "000496-11-7", 93
 11=, 11, 29.2431, 0.1733, "Benzene, 2-ethyl-1,3-dimethyl-", 14392, "002870-04-4", 94
 12=, 12, 29.3103, 0.4244, "Benzene, 1-ethenyl-3-ethyl-", 13607, "007525-62-4", 91
 13=, 13, 29.5463, 0.2607, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066, "017059-52-8", 94
 14=, 14, 29.7616, 0.3980, "Benzofuran, 2-methyl-", 14068, "004265-25-2", 94
 15=, 15, 31.1697, 0.4343, "Benzene, 2-ethenyl-1,4-dimethyl-", 13624, "002039-89-6", 96
 16=, 16, 31.4505, 0.1486, "2-Methylindene", 12678, "002177-47-1", 97
 17=, 17, 31.5288, 0.8384, "1-Phenyl-1-butene", 13590, "000824-90-8", 94
 18=, 18, 31.6264, 0.5528, "1H-Indene, 1-methyl-", 12686, "000767-59-9", 86
 19=, 19, 32.4928, 5.5846, "Naphthalene-D8", 15146, "001146-65-2", 94
 20=, 20, 32.5949, 29.4748, "Naphthalene", 11578, "000091-20-3", 97
 21=, 21, 32.7555, 3.0946, "Benzo[b]thiophene", 14776, "000095-15-8", 94
 22=, 22, 33.1162, 0.2336, "1H-Indene, 2,3-dihydro-4,7-dimethyl-", 20832, "006682-71-9", 87
 23=, 23, 35.8204, 0.5243, "Benzo[b]thiophene, 2-methyl-", 22370, "001195-14-8", 91
 24=, 24, 36.0972, 0.3159, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 94
 25=, 25, 36.4489, 0.4578, "Benzo[b]thiophene, 2-methyl-", 22368, "001195-14-8", 93
 26=, 26, 36.5874, 9.8459, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566, "000090-12-0", 96
 27=, 27, 38.3520, 2.7316, "Biphenyl", 25992, "000092-52-4", 96
 28=, 28, 38.9458, 0.0953, "Naphthalene, 1-ethyl-", 27277, "001127-76-0", 94
 29=, 29, 39.2678, 0.4270, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 98
 30=, 30, 39.3111, 0.4846, "Naphthalene, 1,7-dimethyl-", 27307, "000575-37-1", 96
 31=, 31, 39.6753, 1.3706, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8", 98
 32=, 32, 39.7833, 0.7195, "Naphthalene, 1,7-dimethyl-", 27288, "000575-37-1", 98
 33=, 33, 40.2345, 0.1330, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314, "000575-43-9", 97
 34=, 34, 40.6413, 0.2616, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8", 96
 35=, 35, 41.2414, 9.0229, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 74



36=, 36, 41.3923,10.4266,"Acenaphthene", 25996,"000083-32-9",93
 37=, 37, 42.0948, 0.1978,"5,10-Methanobenzocycloocten-11-one, 5-chloro-5,10-dihydro-", 68560,"033655-73-1",37
 38=, 38, 42.2274, 5.9863,"Dibenzofuran", 35097,"000132-64-9",87
 39=, 39, 43.9129, 3.5681,"Fluorene", 33580,"000086-73-7",97
 40=, 40, 44.4213, 0.2263,"Fluorene, 1,4-dihydro-", 35106,"041593-21-9",83
 41=, 41, 44.8360, 0.2133,"[1,1'-Biphenyl]-4-carboxaldehyde", 44610,"003218-36-8",78
 42=, 42, 47.9251, 0.2549,"Dibenzothiophene", 46035,"000132-65-0",87
 43=, 43, 48.5478, 2.1560,"Phenanthrene", 41765,"000085-01-8",96
 44=, 44, 49.2043, 0.3360,"5H-Indeno[1,2-b]pyridine", 34225,"000244-99-5",64
 45=, 45, 51.0154, 0.2254,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",49
 46=, 46, 55.3950, 0.3888,"Fluoranthene", 73121,"000541-05-9",62

8106 3rd

Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"
 1=, 1, 19.7710, 0.7302,"Ethylbenzene", 4955,"000100-41-4",94
 2=, 2, 20.1963, 0.3142,"p-Xylene", 4944,"000106-42-3",95
 3=, 3, 20.2438, 0.4157,"o-Xylene", 4952,"000095-47-6",97
 4=, 4, 21.3023, 0.4083,"o-Xylene", 4952,"000095-47-6",97
 5=, 5, 24.4101, 0.2217,"Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9132,"000611-14-3",94
 6=, 6, 24.5040, 0.3062,"Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9129,"000611-14-3",93
 7=, 7, 25.1636, 0.3226,"Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9129,"000611-14-3",91
 8=, 8, 25.7748, 0.9639,"Benzene, 1,3,5-trimethyl-", 9124,"000108-67-8",95
 9=, 9, 26.8886, 0.5137,"Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9115,"000526-73-8",95
 10=, 10, 27.3675, 5.6436,"Indane", 8675,"000496-11-7",93
 11=, 11, 29.3056, 0.3794,"Benzene, 1-ethenyl-3-ethyl-", 13607,"007525-62-4",91
 12=, 12, 29.5427, 0.3009,"Benzofuran, 7-methyl-", 14066,"017059-52-8",93
 13=, 13, 29.7576, 0.5356,"Benzofuran, 2-methyl-", 14067,"004265-25-2",91
 14=, 14, 31.1652, 0.3860,"1H-Indene, 2,3-dihydro-4-methyl-", 13627,"000824-22-6",91
 15=, 15, 31.5237, 0.7114,"Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609,"003454-07-7",94
 16=, 16, 31.6226, 0.5109,"1H-Indene, 1-methyl-", 12686,"000767-59-9",95
 17=, 17, 32.4893, 5.1510,"Naphthalene-D8", 15146,"001146-65-2",95
 18=, 18, 32.5915,36.4641,"Naphthalene", 11576,"000091-20-3",97
 19=, 19, 32.7511, 4.0382,"Benzo[b]thiophene", 14777,"000095-15-8",94
 20=, 20, 33.1145, 0.1930,".alpha.,.beta.,.beta.-Trimethylstyrene", 20833,"000769-57-3",70
 21=, 21, 35.8162, 0.4351,"Benzo[b]thiophene, 6-methyl-", 22369,"016587-47-6",95
 22=, 22, 36.0929, 0.2955,"Naphthalene, 1-methyl-", 18566,"000090-12-0",96
 23=, 23, 36.4475, 0.3415,"Benzo[b]thiophene, 5-methyl-", 22367,"014315-14-1",93
 24=, 24, 36.5819, 7.2097,"Naphthalene, 2-methyl-", 18568,"000091-57-6",96
 25=, 25, 37.3452, 0.2662,"Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-",179151,"000540-97-6",91
 26=, 26, 38.3475, 2.1831,"Biphenyl", 25992,"000092-52-4",96
 27=, 27, 38.9390, 0.0866,"Naphthalene, 1-ethyl-", 27281,"001127-76-0",93
 28=, 28, 39.2630, 0.3678,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",98
 29=, 29, 39.3089, 0.3579,"Naphthalene, 1,7-dimethyl-", 27307,"000575-37-1",96
 30=, 30, 39.6705, 1.0813,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",98
 31=, 31, 39.7777, 0.5653,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",97
 32=, 32, 40.2287, 0.0849,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",98
 33=, 33, 40.6378, 0.2084,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",97
 34=, 34, 41.2370, 9.2011,"Acenaphthene-d10", 32157,"015067-26-2",74
 35=, 35, 41.3860, 8.9052,"Acenaphthene", 25996,"000083-32-9",93
 36=, 36, 42.0896, 0.2482,"Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-",185541,"000107-50-6",38
 37=, 37, 42.2222, 4.4650,"Dibenzofuran", 35097,"000132-64-9",91
 38=, 38, 43.9089, 2.7449,"Fluorene", 33580,"000086-73-7",97
 39=, 39, 48.5438, 1.5292,"Phenanthrene", 41763,"000085-01-8",96
 40=, 40, 49.2007, 0.3890,"5H-Indeno[1,2-b]pyridine", 34225,"000244-99-5",91
 41=, 41, 55.3937, 0.5232,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",62

8106 4th

Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"
 1=, 1, 19.7652, 0.6905,"Ethylbenzene", 4954,"000100-41-4",91
 2=, 2, 20.1873, 1.1213,"Benzene, 1,3-dimethyl-", 4970,"000108-38-3",97



3=, 3, 21.2961, 0.5719, "p-Xylene", 4950, "000106-42-3", 97
4=, 4, 22.8017, 0.1032, "Benzene, (1-methylethyl)-", 9114, "000098-82-8", 95
5=, 5, 24.4004, 0.2238, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9132, "000611-14-3", 94
6=, 6, 24.4978, 0.2336, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9132, "000611-14-3", 94
7=, 7, 24.7306, 0.1392, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9125, "000526-73-8", 93
8=, 8, 25.1588, 0.1945, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9130, "000620-14-4", 91
9=, 9, 25.7678, 0.6968, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9125, "000526-73-8", 95
10=, 10, 26.8834, 0.3828, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9115, "000526-73-8", 97
11=, 11, 27.3619, 4.4399, "Indane", 8675, "000496-11-7", 91
12=, 12, 29.2338, 0.0921, "Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethyl-", 14401, "000934-80-5", 96
13=, 13, 29.3008, 0.2737, "Benzene, (2-methyl-1-propenyl)-", 13619, "000768-49-0", 91
14=, 14, 29.5374, 0.2326, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066, "017059-52-8", 94
15=, 15, 29.7499, 0.4625, "2-Propenal, 3-phenyl-", 14069, "000104-55-2", 93
16=, 16, 29.9013, 0.0888, "Benzofuran, 2-methyl-", 14068, "004265-25-2", 94
17=, 17, 30.5273, 0.0884, "Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl-", 14403, "001758-88-9", 90
18=, 18, 31.1606, 0.2362, "Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609, "003454-07-7", 93
19=, 19, 31.4409, 0.1305, "1H-Indene, 1-methyl-", 12686, "000767-59-9", 96
20=, 20, 31.5189, 0.4881, "Indan, 1-methyl-", 13588, "000767-58-8", 94
21=, 21, 31.6167, 0.3874, "1H-Indene, 1-methyl-", 12686, "000767-59-9", 95
22=, 22, 32.4833, 4.5926, "Naphthalene-D8", 15147, "001146-65-2", 97
23=, 23, 32.5872, 41.2543, "Naphthalene", 11576, "000091-20-3", 97
24=, 24, 32.7449, 4.0581, "2-Benzothiophene", 14779, "000270-82-6", 94
25=, 25, 33.1056, 0.2922, "1H-Indene, 2,3-dihydro-4,7-dimethyl-", 20832, "006682-71-9", 70
26=, 26, 34.6256, 0.1150, "Benzo[c]thiophene, 1,3-dihydro-", 15821, "002471-92-3", 76
27=, 27, 35.8124, 0.3507, "Benzo[b]thiophene, 6-methyl-", 22369, "016587-47-6", 93
28=, 28, 36.0880, 0.6219, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566, "000090-12-0", 96
29=, 29, 36.4417, 0.2896, "3-Methylbenzothiophene", 22364, "001455-18-1", 93
30=, 30, 36.5757, 6.0197, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 96
31=, 31, 38.3438, 1.7067, "Biphenyl", 25992, "000092-52-4", 96
32=, 32, 38.9355, 0.2210, "Naphthalene, 1-ethyl-", 27277, "001127-76-0", 93
33=, 33, 38.9907, 0.1209, "Naphthalene, 2-ethyl-", 27279, "000939-27-5", 55
34=, 34, 39.2635, 0.3515, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 98
35=, 35, 39.3033, 0.3421, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27284, "000582-16-1", 97
36=, 36, 39.6669, 0.9207, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8", 98
37=, 37, 39.7720, 0.4901, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 98
38=, 38, 40.2242, 0.3305, "Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27293, "000575-41-7", 96
39=, 39, 40.2950, 0.1371, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27291, "000575-43-9", 94
40=, 40, 40.6339, 0.1652, "Naphthalene, 1,7-dimethyl-", 27288, "000575-37-1", 96
41=, 41, 41.2307, 7.0336, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 74
42=, 42, 41.3796, 7.3153, "Acenaphthene", 25996, "000083-32-9", 93
43=, 43, 42.0846, 0.0704, "Naphthalene, 1-(2-propenyl)-", 35121, "002489-86-3", 38
44=, 44, 42.2169, 3.4293, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 94
45=, 45, 43.9048, 2.6768, "Fluorene", 33582, "000086-73-7", 96
46=, 46, 44.4139, 0.2654, "Fluorene, 1,4-dihydro-", 35106, "041593-21-9", 86
47=, 47, 44.8286, 0.2717, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 70
48=, 48, 45.1834, 0.2428, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 70
49=, 49, 46.0481, 0.0896, "Acridine-9-carbaldehyde", 62218, "1000318-45-4", 50
50=, 50, 46.6979, 0.0960, "1H-Indole, 1-methyl-2-phenyl-", 62235, "003558-24-5", 53
51=, 51, 47.9131, 0.2885, "Dibenzothiophene", 46032, "000132-65-0", 66
52=, 52, 48.5399, 2.9453, "Phenanthrene", 41767, "000085-01-8", 96
53=, 53, 48.7920, 0.2659, "Anthracene", 41762, "000120-12-7", 86
54=, 54, 49.1961, 0.3499, "Carbazole", 34221, "000086-74-8", 64
55=, 55, 51.0042, 0.1121, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 58
56=, 56, 51.0545, 0.0972, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 72
57=, 57, 51.6280, 0.1587, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 52
58=, 58, 55.3618, 0.5007, "Fluoranthen", 58555, "000129-00-0", 84
59=, 59, 57.0093, 0.1331, "Pyrene", 73121, "000541-05-9", 49



8106 5th

Header=,"PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"
 1=, 1, 19.7441, 0.5643,"Ethylbenzene", 4955,"000100-41-4",91
 2=, 2, 20.1669, 0.4125,"Benzene, 1,3-dimethyl-", 4970,"000108-38-3",95
 3=, 3, 20.2168, 0.3303,"p-Xylene", 4949,"000106-42-3",94
 4=, 4, 21.2774, 0.4952,"o-Xylene", 4952,"000095-47-6",97
 5=, 5, 22.7852, 0.1374,"Benzene, (1-methylethyl)-", 9114,"000098-82-8",87
 6=, 6, 24.3871, 0.3621,"Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9135,"000620-14-4",95
 7=, 7, 24.4814, 0.3412,"Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9129,"000611-14-3",94
 8=, 8, 24.7127, 0.2466,"Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9135,"000620-14-4",91
 9=, 9, 25.1408, 0.3630,"Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9129,"000611-14-3",91
 10=, 10, 25.7550, 1.0108,"Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9115,"000526-73-8",95
 11=, 11, 26.8686, 0.5432,"Benzene, 1,2,4-trimethyl-", 9113,"000095-63-6",94
 12=, 12, 27.3493, 4.8837,"Indane", 8677,"000496-11-7",91
 13=, 13, 29.2209, 0.1608,"Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethyl-", 14401,"000934-80-5",94
 14=, 14, 29.2903, 0.4246,"Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609,"003454-07-7",91
 15=, 15, 29.5269, 0.2647,"Benzofuran, 7-methyl-", 14066,"017059-52-8",91
 16=, 16, 29.7429, 0.4335,"2-Propenal, 3-phenyl-", 14069,"000104-55-2",93
 17=, 17, 30.5181, 0.1265,"Benzene, 1-ethyl-2,3-dimethyl-", 14399,"000933-98-2",94
 18=, 18, 31.1527, 0.4725,"Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609,"003454-07-7",94
 19=, 19, 31.4344, 0.1863,"Naphthalene, 1,2-dihydro-", 12699,"000447-53-0",95
 20=, 20, 31.5114, 0.7842,"Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609,"003454-07-7",94
 21=, 21, 31.6104, 0.5277,"1H-Indene, 1-methyl-", 12686,"000767-59-9",83
 22=, 22, 32.4749, 4.5415,"Naphthalene-D8", 15147,"001146-65-2",95
 23=, 23, 32.5736,38.7799,"Naphthalene", 11578,"000091-20-3",97
 24=, 24, 32.7384, 3.5400,"2-Benzothiophene", 14779,"000270-82-6",94
 25=, 25, 33.1015, 0.2175,"3-Buten-2-one, 4-phenyl-", 20727,"000122-57-6",64
 26=, 26, 34.6187, 0.1275,"Benzo[b]thiophene, 2,3-dihydro-", 15822,"004565-32-6",87
 27=, 27, 35.8085, 0.4275,"Benzo[b]thiophene, 4-methyl-", 22366,"014315-11-8",94
 28=, 28, 36.0859, 0.3827,"Naphthalene, 1-methyl-", 18566,"000090-12-0",95
 29=, 29, 36.4419, 0.3686,"3-Methylbenzothiophene", 22364,"001455-18-1",93
 30=, 30, 36.5747, 7.7012,"Naphthalene, 2-methyl-", 18568,"000091-57-6",96
 31=, 31, 38.3451, 2.0239,"Biphenyl", 25988,"000092-52-4",96
 32=, 32, 38.9377, 0.0710,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",87
 33=, 33, 39.2605, 0.3035,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",98
 34=, 34, 39.3037, 0.3575,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",98
 35=, 35, 39.6694, 0.9592,"Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27294,"000582-16-1",97
 36=, 36, 39.7772, 0.4653,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302,"000581-42-0",98
 37=, 37, 40.2274, 0.1838,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",96
 38=, 38, 40.6365, 0.1615,"Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27310,"000575-41-7",95
 39=, 39, 41.2358, 6.3497,"Acenaphthene-d10", 32157,"015067-26-2",74
 40=, 40, 41.3845, 7.1652,"Acenaphthene", 25994,"000083-32-9",93
 41=, 41, 42.2251, 3.8122,"Dibenzofuran", 35097,"000132-64-9",91
 42=, 42, 43.9137, 2.5573,"Fluorene", 33580,"000086-73-7",97
 43=, 43, 44.4160, 0.1576,"1,1'-Biphenyl, 3-methyl-", 35114,"000643-93-6",45
 44=, 44, 44.8359, 0.1487,"Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605,"007320-53-8",78
 45=, 45, 47.9287, 0.1355,"Dibenzothiophene", 46036,"000132-65-0",50
 46=, 46, 48.5543, 1.4683,"Phenanthrene", 41763,"000085-01-8",97
 47=, 47, 49.2165, 0.2896,"Carbazole", 34221,"000086-74-8",93
 48=, 48, 51.0236, 0.1730,"2-Methyl-7-phenylindole", 62225,"001140-08-5",45
 49=, 49, 55.4199, 4.0597,"Hexadecane, 1-chloro-", 98779,"004860-03-1",80

8106 6th

Header=,"PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"
 1=, 1, 19.3864, 0.7019,"Ethylbenzene", 4956,"000100-41-4",93
 2=, 2, 19.8100, 0.5441,"o-Xylene", 4952,"000095-47-6",94
 3=, 3, 19.8594, 0.4313,"o-Xylene", 4953,"000095-47-6",93
 4=, 4, 20.9213, 0.6120,"o-Xylene", 4953,"000095-47-6",91
 5=, 5, 22.4291, 0.1370,"Benzene, (1-methylethyl)-", 9114,"000098-82-8",91
 6=, 6, 23.7426, 0.0924,"Benzene, propyl-", 9110,"000103-65-1",72



7=, 7, 24.0442, 0.2299, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9135, "000620-14-4", 90
 8=, 8, 24.1392, 0.3544, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9133, "000620-14-4", 91
 9=, 9, 24.3669, 0.2039, "Benzene, 1,2,4-trimethyl-", 9113, "000095-63-6", 87
 10=, 10, 24.7939, 0.3456, "Benzene, 1-ethyl-4-methyl-", 9136, "000622-96-8", 95
 11=, 11, 25.4123, 0.9510, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9125, "000526-73-8", 94
 12=, 12, 26.5244, 0.5636, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9118, "000526-73-8", 94
 13=, 13, 26.9989, 5.1896, "Indane", 8675, "000496-11-7", 76
 14=, 14, 28.8826, 0.1051, "Benzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl-", 14394, "000874-41-9", 91
 15=, 15, 28.9421, 0.3922, "Benzene, 1-ethenyl-3-ethyl-", 13607, "007525-62-4", 87
 16=, 16, 29.1847, 0.2871, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066, "017059-52-8", 94
 17=, 17, 29.4070, 0.5419, "Benzofuran, 2-methyl-", 14067, "004265-25-2", 93
 18=, 18, 29.5543, 0.1596, "Benzofuran, 2-methyl-", 14067, "004265-25-2", 97
 19=, 19, 30.1755, 0.1057, "Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-", 14384, "000095-93-2", 91
 20=, 20, 30.8082, 0.3612, "3-Phenylbut-1-ene", 13589, "000934-10-1", 90
 21=, 21, 31.0855, 0.1666, "Cycloprop[a]indene, 1,1a,6,6a-tetrahydro-", 12714, "015677-15-3", 90
 22=, 22, 31.1622, 0.7182, "Benzene, 2-ethenyl-1,4-dimethyl-", 13624, "002039-89-6", 93
 23=, 23, 31.2574, 0.4804, "Naphthalene, 1,2-dihydro-", 12698, "000447-53-0", 78
 24=, 24, 32.1206, 10.0377, "Naphthalene-D8", 15147, "001146-65-2", 95
 25=, 25, 32.2196, 38.4659, "Naphthalene", 11576, "000091-20-3", 94
 26=, 26, 32.3829, 4.0398, "Benzo[b]thiophene", 14778, "000095-15-8", 90
 27=, 27, 32.7614, 0.1735, "1H-Indene, 2,3-dihydro-2,2-dimethyl-", 20820, "020836-11-7", 64
 28=, 28, 34.2790, 0.1126, "Benzo[b]thiophene, 2,3-dihydro-", 15822, "004565-32-6", 74
 29=, 29, 35.4544, 0.3400, "3-Methylbenzothiophene", 22364, "001455-18-1", 87
 30=, 30, 35.7332, 0.2549, "Naphthalene, 1-methyl-", 18562, "000090-12-0", 90
 31=, 31, 36.0870, 0.2615, "2-Methyl-5-hydroxybenzofuran", 22337, "006769-56-8", 72
 32=, 32, 36.2180, 6.1795, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566, "000090-12-0", 97
 33=, 33, 37.9957, 1.6018, "Biphenyl", 25988, "000092-52-4", 96
 34=, 34, 38.5863, 0.0453, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8", 64
 35=, 35, 38.9142, 0.2069, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314, "000575-43-9", 93
 36=, 36, 38.9581, 0.2590, "Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27310, "000575-41-7", 91
 37=, 37, 39.3114, 0.6793, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27294, "000582-16-1", 95
 38=, 38, 39.4192, 0.3474, "Naphthalene, 1,7-dimethyl-", 27308, "000575-37-1", 96
 39=, 39, 39.8712, 0.2321, "Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27309, "000575-41-7", 93
 40=, 40, 40.2733, 0.1104, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27286, "000581-42-0", 81
 41=, 41, 40.8706, 11.7985, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 74
 42=, 42, 41.0198, 5.3940, "Acenaphthene", 25994, "000083-32-9", 93
 43=, 43, 41.8640, 3.0946, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 90
 44=, 44, 43.5539, 1.6254, "Fluorene", 33582, "000086-73-7", 93
 45=, 45, 48.1985, 0.7422, "Anthracene", 41762, "000120-12-7", 94
 46=, 46, 48.8821, 0.1378, "4-Benzylphenylacetone nitrile", 62229, "101096-72-4", 64
 47=, 47, 54.9253, 0.1854, "1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene", 72520, "017151-09-6", 43

8107 1st

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"

1=, 1, 8.5454, 0.1984, "1,3-Hexadien-5-yne", 1010, "010420-90-3", 80
 2=, 2, 19.7418, 1.9066, "Ethylbenzene", 4954, "000100-41-4", 95
 3=, 3, 20.1694, 0.2815, "o-Xylene", 4952, "000095-47-6", 93
 4=, 4, 20.2154, 0.6541, "p-Xylene", 4944, "000106-42-3", 95
 5=, 5, 21.2773, 0.3515, "Benzene, 1,3-dimethyl-", 4970, "000108-38-3", 94
 6=, 6, 22.7834, 0.1010, "Benzene, (1-methylethyl)-", 9114, "000098-82-8", 64
 7=, 7, 24.4848, 0.2197, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9135, "000620-14-4", 86
 8=, 8, 24.7164, 0.1613, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9118, "000526-73-8", 58
 9=, 9, 25.1458, 0.1986, "Benzene, 1,3,5-trimethyl-", 9124, "000108-67-8", 83
 10=, 10, 25.5987, 1.3320, "Benzofuran", 8671, "000271-89-6", 91
 11=, 11, 25.7549, 0.7676, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9118, "000526-73-8", 95
 12=, 12, 26.8719, 0.4482, "Benzene, 1-ethyl-4-methyl-", 9136, "000622-96-8", 96
 13=, 13, 27.3482, 10.0908, "Indane", 8677, "000496-11-7", 91
 14=, 14, 27.5934, 0.1050, "1,4-Epoxy naphthalene, 1,4-dihydro-", 19667, "000573-57-9", 53
 15=, 15, 29.2902, 0.2214, "Indan, 1-methyl-", 13588, "000767-58-8", 91
 16=, 16, 29.5273, 0.4043, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066, "017059-52-8", 97



17=, 17, 29.7417, 1.1163, "Benzofuran, 2-methyl-", 14067, "004265-25-2",94
 18=, 18, 29.8878, 0.1811, "Benzofuran, 2-methyl-", 14063, "004265-25-2",91
 19=, 19, 31.1538, 0.3312, "1-Phenyl-1-butene", 13590, "000824-90-8",94
 20=, 20, 31.4292, 0.1125, "1H-Indene, 1-methyl-", 12686, "000767-59-9",94
 21=, 21, 31.5125, 0.4649, "Benzene, (1-methyl-1-propenyl)-, (E)-", 13646, "000768-00-3",91
 22=, 22, 31.6074, 0.3302, "Benzene, 1-butynyl-", 12682, "000622-76-4",86
 23=, 23, 32.4734, 7.1103, "Naphthalene-D8", 15147, "001146-65-2",95
 24=, 24, 32.5709,41.0401, "Naphthalene", 11578, "000091-20-3",95
 25=, 25, 32.7369, 6.6071, "2-Benzothiophene", 14779, "000270-82-6",94
 26=, 26, 34.6210, 0.2006, "Benzo[b]thiophene, 2,3-dihydro-", 15822, "004565-32-6",68
 27=, 27, 35.8137, 0.1568, "Benzo[b]thiophene, 5-methyl-", 22367, "014315-14-1",87
 28=, 28, 36.0881, 0.2472, "Benzocycloheptatriene", 18560, "000264-09-5",90
 29=, 29, 36.4376, 0.1261, "Benzo[b]thiophene, 5-methyl-", 22367, "014315-14-1",80
 30=, 30, 36.5741, 3.0927, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566, "000090-12-0",95
 31=, 31, 38.3471, 0.5757, "Biphenyl", 25989, "000092-52-4",81
 32=, 32, 39.6706, 0.2518, "Naphthalene, 1,7-dimethyl-", 27308, "000575-37-1",95
 33=, 33, 39.7799, 0.1016, "Naphthalene, 1,7-dimethyl-", 27288, "000575-37-1",60
 34=, 34, 41.2341, 9.5424, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2",74
 35=, 35, 41.3823, 2.3135, "Acenaphthene", 25993, "000083-32-9",83
 36=, 36, 42.2225, 1.0605, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9",87
 37=, 37, 43.9126, 0.7588, "Fluorene", 33580, "000086-73-7",94
 38=, 38, 48.5548, 0.4167, "Phenanthrene", 41763, "000085-01-8",95
 39=, 39, 49.2179, 0.2748, "Carbazole", 34222, "000086-74-8",38
 40=, 40, 51.0282, 0.1110, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9",59
 41=, 41, 55.4226, 6.0341, "Octadecane, 1-chloro-",117263, "003386-33-2",90

8107 2nd

Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"
 1=, 1, 8.5454, 0.1968, "1,3-Hexadien-5-yne", 1010, "010420-90-3",80
 2=, 2, 19.7418, 1.8916, "Ethylbenzene", 4954, "000100-41-4",95
 3=, 3, 20.1694, 0.2795, "o-Xylene", 4952, "000095-47-6",93
 4=, 4, 20.2154, 0.6526, "p-Xylene", 4944, "000106-42-3",95
 5=, 5, 21.2773, 0.3486, "Benzene, 1,3-dimethyl-", 4970, "000108-38-3",94
 6=, 6, 22.7834, 0.1017, "Benzene, (1-methylethyl)-", 9114, "000098-82-8",64
 7=, 7, 24.4848, 0.2177, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9135, "000620-14-4",86
 8=, 8, 24.7164, 0.1550, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9118, "000526-73-8",58
 9=, 9, 25.1458, 0.1969, "Benzene, 1,3,5-trimethyl-", 9124, "000108-67-8",83
 10=, 10, 25.5987, 1.3378, "Benzofuran", 8671, "000271-89-6",91
 11=, 11, 25.7549, 0.7680, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9118, "000526-73-8",95
 12=, 12, 26.8719, 0.4359, "Benzene, 1-ethyl-4-methyl-", 9136, "000622-96-8",96
 13=, 13, 27.3482, 9.9948, "Indane", 8677, "000496-11-7",91
 14=, 14, 27.5934, 0.1029, "1,4-Epoxy-naphthalene, 1,4-dihydro-", 19667, "000573-57-9",53
 15=, 15, 29.2213, 0.0487, "Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl-", 14403, "001758-88-9",86
 16=, 16, 29.2902, 0.2211, "Indan, 1-methyl-", 13588, "000767-58-8",91
 17=, 17, 29.5273, 0.4010, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066, "017059-52-8",97
 18=, 18, 29.7417, 1.1072, "Benzofuran, 2-methyl-", 14067, "004265-25-2",94
 19=, 19, 29.8878, 0.1796, "Benzofuran, 2-methyl-", 14063, "004265-25-2",91
 20=, 20, 31.1538, 0.3298, "1-Phenyl-1-butene", 13590, "000824-90-8",94
 21=, 21, 31.4292, 0.1116, "1H-Indene, 1-methyl-", 12686, "000767-59-9",94
 22=, 22, 31.5125, 0.4611, "Benzene, (1-methyl-1-propenyl)-, (E)-", 13646, "000768-00-3",91
 23=, 23, 31.6074, 0.3275, "Benzene, 1-butynyl-", 12682, "000622-76-4",86
 24=, 24, 32.4734, 7.0916, "Naphthalene-D8", 15147, "001146-65-2",95
 25=, 25, 32.5709,40.8612, "Naphthalene", 11578, "000091-20-3",95
 26=, 26, 32.7369, 6.8984, "2-Benzothiophene", 14779, "000270-82-6",94
 27=, 27, 33.1032, 0.0933, "3-Buten-2-one, 4-phenyl-", 20730, "000122-57-6",46
 28=, 28, 34.6210, 0.1992, "Benzo[b]thiophene, 2,3-dihydro-", 15822, "004565-32-6",68
 29=, 29, 35.8137, 0.1587, "Benzo[b]thiophene, 5-methyl-", 22367, "014315-14-1",87
 30=, 30, 36.0881, 0.2454, "Benzocycloheptatriene", 18560, "000264-09-5",90
 31=, 31, 36.4376, 0.1180, "Benzo[b]thiophene, 5-methyl-", 22367, "014315-14-1",80
 32=, 32, 36.5741, 3.0061, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566, "000090-12-0",95



33=, 33, 38.3471, 0.5710, "Biphenyl", 25989, "000092-52-4", 81
 34=, 34, 39.2675, 0.0653, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27286, "000581-42-0", 62
 35=, 35, 39.6706, 0.2497, "Naphthalene, 1,7-dimethyl-", 27308, "000575-37-1", 95
 36=, 36, 39.7799, 0.1008, "Naphthalene, 1,7-dimethyl-", 27288, "000575-37-1", 60
 37=, 37, 41.2341, 9.4644, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 74
 38=, 38, 41.3823, 2.2946, "Acenaphthene", 25993, "000083-32-9", 83
 39=, 39, 42.2225, 1.0515, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 87
 40=, 40, 43.9126, 0.7881, "Fluorene", 33580, "000086-73-7", 94
 41=, 41, 44.8265, 0.0816, "Pyrido[2,3-d]pyrimidine, 4-phenyl-", 62205, "028732-75-4", 50
 42=, 42, 48.5548, 0.4133, "Phenanthrene", 41763, "000085-01-8", 95
 43=, 43, 49.2179, 0.2725, "Carbazole", 34222, "000086-74-8", 38
 44=, 44, 51.0282, 0.1232, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 59
 45=, 45, 55.4226, 5.9848, "Octadecane, 1-chloro-", 117263, "003386-33-2", 90

8107 3rd

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"
 1=, 1, 19.3791, 1.4198, "Ethylbenzene", 4954, "000100-41-4", 95
 2=, 2, 19.8635, 0.4646, "p-Xylene", 4944, "000106-42-3", 93
 3=, 3, 20.9181, 0.1275, "Ethylbenzene", 4954, "000100-41-4", 74
 4=, 4, 22.4322, 0.0932, "2,4-Nonadiyne", 9107, "063621-15-8", 64
 5=, 5, 24.1382, 0.1772, "Benzene, 1-ethyl-4-methyl-", 9136, "000622-96-8", 59
 6=, 6, 24.3721, 0.0951, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9130, "000620-14-4", 80
 7=, 7, 24.7962, 0.1610, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9129, "000611-14-3", 80
 8=, 8, 25.2510, 1.0915, "Benzofuran", 8671, "000271-89-6", 86
 9=, 9, 25.4099, 0.7078, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9130, "000620-14-4", 87
 10=, 10, 26.5200, 0.3909, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9135, "000620-14-4", 97
 11=, 11, 26.9928, 8.4446, "Indane", 8677, "000496-11-7", 87
 12=, 12, 28.9403, 0.2507, "3-Phenylbut-1-ene", 13589, "000934-10-1", 87
 13=, 13, 29.1798, 0.3445, "3-Phenyl-2-propyn-1-ol", 14072, "001504-58-1", 96
 14=, 14, 29.3975, 0.8796, "3-Phenyl-2-propyn-1-ol", 14072, "001504-58-1", 94
 15=, 15, 29.5505, 0.1129, "Benzofuran, 3-methyl-", 14065, "021535-97-7", 89
 16=, 16, 30.8038, 0.2173, "3-Phenylbut-1-ene", 13589, "000934-10-1", 90
 17=, 17, 31.0789, 0.0878, "1H-Indene, 1-methyl-", 12686, "000767-59-9", 62
 18=, 18, 31.1554, 0.4479, "2,4-Dimethylstyrene", 13593, "002234-20-0", 94
 19=, 19, 31.2564, 0.3075, "Benzene, (1-methylene-2-propenyl)-", 12710, "002288-18-8", 49
 20=, 20, 32.1137, 15.3492, "Naphthalene-D8", 15147, "001146-65-2", 95
 21=, 21, 32.2107, 29.8709, "Naphthalene", 11578, "000091-20-3", 91
 22=, 22, 32.3759, 5.5295, "Benzo[b]thiophene", 14778, "000095-15-8", 90
 23=, 23, 34.2750, 0.1714, "Acetic acid, 5-[3-(4-methoxyphenyl)oxaziridin-2-yl]pentyl ester", 111187, "1000185-43-2", 56
 24=, 24, 35.4550, 0.1463, "3-Methylbenzothiophene", 22364, "001455-18-1", 74
 25=, 25, 35.7366, 0.2817, "Naphthalene, 1-methyl-", 18562, "000090-12-0", 90
 26=, 26, 36.0722, 0.0850, "3-Methylbenzothiophene", 22363, "001455-18-1", 90
 27=, 27, 36.2135, 3.0537, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 97
 28=, 28, 37.9986, 0.7221, "Biphenyl", 25990, "000092-52-4", 87
 29=, 29, 38.9550, 0.2166, "Pent-1-yn-3-ene, 4-methyl-3-phenyl-", 27329, "065050-80-8", 59
 30=, 30, 39.3121, 0.3500, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27303, "000581-42-0", 94
 31=, 31, 39.4184, 0.2013, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27313, "000575-43-9", 87
 32=, 32, 39.8588, 0.0607, "Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27309, "000575-41-7", 83
 33=, 33, 40.8653, 18.1299, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 74
 34=, 34, 41.0130, 2.9152, "Acenaphthene", 25994, "000083-32-9", 89
 35=, 35, 41.8624, 1.6039, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 83
 36=, 36, 43.5536, 1.1290, "Fluorene", 33580, "000086-73-7", 90
 37=, 37, 48.1965, 1.0661, "Anthracene", 41762, "000120-12-7", 93
 38=, 38, 48.8732, 0.4987, "4-Benzylphenylacetone nitrile", 62229, "101096-72-4", 59
 39=, 39, 54.9115, 2.7973, "Hexadecane, 1-chloro-", 98779, "004860-03-1", 72

8108 1st

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"
 1=, 1, 8.5124, 0.1267, "Benzene", 1001, "000071-43-2", 58
 2=, 2, 19.7108, 0.5832, "Ethylbenzene", 4954, "000100-41-4", 95



3=, 3, 25.1121, 0.1080, "Benzene, 1-ethyl-4-methyl-", 9131, "000622-96-8", 86
 4=, 4, 25.7227, 0.4121, "Benzene, 1,2,4-trimethyl-", 9128, "000095-63-6", 90
 5=, 5, 26.8382, 0.2833, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9115, "000526-73-8", 87
 6=, 6, 27.3124, 5.0489, "Indane", 8675, "000496-11-7", 91
 7=, 7, 29.2563, 0.2506, "1-Phenyl-1-butene", 13590, "000824-90-8", 87
 8=, 8, 29.4897, 0.2315, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066, "017059-52-8", 95
 9=, 9, 29.7044, 0.4794, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066, "017059-52-8", 93
 10=, 10, 31.1147, 0.2170, "Azulene, 1,2,3,3a-tetrahydro-", 13611, "033877-87-1", 80
 11=, 11, 31.4752, 0.4777, "Benzene, 2-ethenyl-1,4-dimethyl-", 13624, "002039-89-6", 91
 12=, 12, 31.5738, 0.2319, "Benzene, 1-butyryl-", 12682, "000622-76-4", 38
 13=, 13, 32.4341, 17.6508, "Naphthalene-D8", 15146, "001146-65-2", 95
 14=, 14, 32.5292, 5.2395, "Naphthalene", 11578, "000091-20-3", 97
 15=, 15, 32.7003, 2.2185, "Cyclopenta[c]thiapyran", 14780, "000270-63-3", 91
 16=, 16, 34.5766, 0.1621, "Benzo[b]thiophene, 2,3-dihydro-", 15820, "004565-32-6", 50
 17=, 17, 35.7720, 0.1862, "Benzo[b]thiophene, 6-methyl-", 22369, "016587-47-6", 64
 18=, 18, 36.4037, 0.1256, "(+)-5-(1-Acetoxy-1-methylethyl)-2-methyl-2-cyclohexen-1-one semicarbazone", 103160, "108904-53-6", 50
 19=, 19, 36.5318, 2.9715, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 96
 20=, 20, 38.3046, 0.5782, "Naphthalene, 2-ethenyl-", 25997, "000827-54-3", 93
 21=, 21, 39.2204, 0.1320, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314, "000575-43-9", 42
 22=, 22, 39.2577, 0.1519, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27297, "000582-16-1", 42
 23=, 23, 39.6223, 0.3592, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8", 97
 24=, 24, 39.7348, 0.1854, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27303, "000581-42-0", 91
 25=, 25, 40.1810, 0.1263, "1H-Indole, 5-methyl-2-phenyl-", 62237, "013228-36-9", 35
 26=, 26, 41.1880, 24.9418, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 74
 27=, 27, 41.3369, 3.6961, "Acenaphthene", 25995, "000083-32-9", 90
 28=, 28, 41.5142, 0.1943, "Benz[b]-1,4-oxazepine-4(5H)-thione, 2,3-dihydro-2,8-dimethyl-", 62043, "1000258-63-4", 43
 29=, 29, 42.1764, 1.6081, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 91
 30=, 30, 43.8659, 1.6248, "Fluorene", 33582, "000086-73-7", 96
 31=, 31, 44.3786, 0.0610, "Benzene, 2-[(tert-butyldimethylsilyloxy)-1-isopropyl-4-methyl-", 101373, "330455-64-6", 64
 32=, 32, 44.7830, 0.1273, "1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene", 72520, "017151-09-6", 50
 33=, 33, 45.1363, 0.0988, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 50
 34=, 34, 46.1248, 0.0842, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 72
 35=, 35, 47.8928, 0.2149, "Dibenzothiophene", 73123, "000541-05-9", 64
 36=, 36, 48.5022, 1.5293, "Phenanthrene", 41762, "000120-12-7", 95
 37=, 37, 48.6567, 0.5083, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 83
 38=, 38, 48.7496, 0.1296, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 87
 39=, 39, 48.9404, 0.1908, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 80
 40=, 40, 49.1595, 0.8397, "Tetrasiloxane, decamethyl-", 130465, "000141-62-8", 59
 41=, 41, 49.2603, 0.2533, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 80
 42=, 42, 49.5194, 0.1018, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 72
 43=, 43, 49.7600, 0.5290, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 72
 44=, 44, 49.9761, 0.4961, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 64
 45=, 45, 50.2987, 0.3376, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 80
 46=, 46, 50.7707, 0.8370, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 72
 47=, 47, 50.9451, 0.9637, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 72
 48=, 48, 51.5806, 0.6132, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 74
 49=, 49, 51.7185, 0.6344, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 72
 50=, 50, 51.9814, 0.3324, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 83
 51=, 51, 52.3220, 0.1475, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 80
 52=, 52, 52.5856, 0.1628, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 83
 53=, 53, 55.3409, 19.8446, "Hexadecane, 1-chloro-", 98777, "004860-03-1", 97
 54=, 54, 55.5025, 0.0699, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 72
 55=, 55, 56.3599, 0.1022, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 72
 56=, 56, 56.5201, 0.0927, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 80
 57=, 57, 65.3575, 0.0953, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 83

8108 2nd

Header="PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"

1=, 1, 19.4332, 0.1381, "Ethylbenzene", 4956, "000100-41-4", 46



2=, 2, 27.0401, 1.7919, "Indane", 8677, "000496-11-7", 87
 3=, 3, 31.2008, 0.1858, "Benzene, 1-methyl-4-(2-propenyl)-", 13640, "003333-13-9", 72
 4=, 4, 32.1574, 31.7375, "Naphthalene-D8", 15147, "001146-65-2", 94
 5=, 5, 32.4245, 0.7059, "Benzo[b]thiophene", 14778, "000095-15-8", 59
 6=, 6, 36.2601, 1.0827, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566, "000090-12-0", 94
 7=, 7, 38.0774, 0.1181, "Naphtho[1,2-c]thiophene, 1,3-dihydro-, 2-oxide", 58321, "031739-49-8", 53
 8=, 8, 39.3549, 0.1334, "Pent-1-yn-3-ene, 4-methyl-3-phenyl-", 27329, "065050-80-8", 72
 9=, 9, 40.9080, 35.3605, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 52
 10=, 10, 41.0551, 2.0126, "Acenaphthene", 25994, "000083-32-9", 64
 11=, 11, 41.9147, 0.8098, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 53
 12=, 12, 43.5980, 0.7777, "Fluorene", 33582, "000086-73-7", 91
 13=, 13, 48.2415, 0.4894, "Phenanthrene", 41767, "000085-01-8", 93
 14=, 14, 54.9580, 24.6566, "Hexadecane, 1-chloro-", 98779, "004860-03-1", 86

8108 3rd

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"
 1=, 1, 19.4284, 0.3514, "Ethylbenzene", 4954, "000100-41-4", 83
 2=, 2, 26.5601, 0.1395, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9135, "000620-14-4", 64
 3=, 3, 27.0340, 3.5085, "Indane", 8677, "000496-11-7", 87
 4=, 4, 28.9824, 0.1726, "3-Phenylbut-1-ene", 13589, "000934-10-1", 80
 5=, 5, 29.2293, 0.1488, "Pyrido[2,3-d]pyrimidine", 13506, "000254-61-5", 38
 6=, 6, 29.4457, 0.2375, "3-Phenyl-2-propyn-1-ol", 14071, "001504-58-1", 64
 7=, 7, 30.8438, 0.1233, "1H-Indene, 2,3-dihydro-4-methyl-", 13627, "000824-22-6", 90
 8=, 8, 31.1970, 0.3580, "Benzene, (1-methyl-1-propenyl)-, (E)-", 13646, "000768-00-3", 94
 9=, 9, 31.3000, 0.0895, "Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-", 14419, "000527-84-4", 55
 10=, 10, 32.1551, 29.4224, "Naphthalene-D8", 15147, "001146-65-2", 95
 11=, 11, 32.3502, 0.0532, "Naphthalene-D8", 15147, "001146-65-2", 90
 12=, 12, 32.4245, 0.4142, "Cyclopenta[b]thiapyran", 14781, "000271-17-0", 87
 13=, 13, 35.4939, 0.0993, "Benzene, 1-ethynyl-2-(methylthio)-", 22371, "078905-08-5", 64
 14=, 14, 36.2541, 1.4299, "1,4-Methanonaphthalene, 1,4-dihydro-", 18571, "004453-90-1", 94
 15=, 15, 38.0497, 0.2569, "Biphenyl", 25990, "000092-52-4", 81
 16=, 16, 39.3482, 0.2399, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8", 94
 17=, 17, 39.8948, 0.0504, "Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27309, "000575-41-7", 91
 18=, 18, 40.9089, 36.3416, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 72
 19=, 19, 41.0523, 3.0871, "Acenaphthene", 25998, "000827-54-3", 86
 20=, 20, 41.8990, 1.6182, "1(2H)-Acenaphthylene", 35099, "002235-15-6", 87
 21=, 21, 43.5853, 1.6191, "Fluorene", 33580, "000086-73-7", 81
 22=, 22, 44.0935, 0.1331, "Diphenylmethane", 35102, "000101-81-5", 49
 23=, 23, 44.5228, 0.1356, "[1,1'-Biphenyl]-4-carboxaldehyde", 44609, "003218-36-8", 58
 24=, 24, 44.8865, 0.1177, "9H-Xanthene", 44592, "000092-83-1", 52
 25=, 25, 47.6092, 0.1314, "Dibenzothiophene", 46032, "000132-65-0", 53
 26=, 26, 48.2235, 1.5903, "Phenanthrene", 41767, "000085-01-8", 94
 27=, 27, 48.4862, 0.1096, "9H-Fluorene, 9-methylene-", 41773, "004425-82-5", 38
 28=, 28, 48.9208, 0.2258, "Carbazole", 34223, "000086-74-8", 62
 29=, 29, 51.2783, 0.1142, "Benzaldehyde, 3,5-dichloro-2-hydroxy-", 50200, "000090-60-8", 43
 30=, 30, 54.9556, 17.6341, "Hexadecane, 1-chloro-", 98779, "004860-03-1", 86
 31=, 31, 56.4916, 0.0470, "N-Methyl-1-adamantaneacetamide", 62175, "031897-93-5", 27

8109 1st

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"
 1=, 1, 19.7329, 0.0459, "Ethylbenzene", 4954, "000100-41-4", 91
 2=, 2, 20.1522, 0.0789, "o-Xylene", 4953, "000095-47-6", 95
 3=, 3, 21.2641, 0.0253, "o-Xylene", 4953, "000095-47-6", 94
 4=, 4, 24.3721, 0.0681, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9135, "000620-14-4", 91
 5=, 5, 24.4681, 0.0327, "Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9132, "000611-14-3", 95
 6=, 6, 24.6960, 0.0413, "Benzene, 1,3,5-trimethyl-", 9124, "000108-67-8", 93
 7=, 7, 25.5905, 0.0299, "Benzofuran", 8671, "000271-89-6", 90
 8=, 8, 25.7430, 0.0858, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9125, "000526-73-8", 95
 9=, 9, 26.3354, 0.0299, "Decane", 18487, "000124-18-5", 94
 10=, 10, 26.8560, 0.0348, "Benzene, 1,2,3-trimethyl-", 9125, "000526-73-8", 83



11=, 11, 27.3330, 0.3573, "Indane", 8677, "000496-11-7", 91
 12=, 12, 27.5751, 0.2973, "Indene", 8169, "000095-13-6", 97
 13=, 13, 28.1941, 0.0575, "Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-", 14430, "000527-84-4", 93
 14=, 14, 29.2060, 0.0313, "Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl-", 14403, "001758-88-9", 94
 15=, 15, 29.2739, 0.0560, "Indan, 1-methyl-", 13588, "000767-58-8", 90
 16=, 16, 29.5147, 0.0290, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066, "017059-52-8", 94
 17=, 17, 29.7249, 0.0731, "2-Propenal, 3-phenyl-", 14069, "000104-55-2", 93
 18=, 18, 29.9925, 0.0656, "Undecane", 27240, "001120-21-4", 91
 19=, 19, 30.4980, 0.0265, "Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-", 14385, "000095-93-2", 93
 20=, 20, 31.1357, 0.1035, "Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609, "003454-07-7", 93
 21=, 21, 31.4151, 0.0509, "Benzene, (1-methyl-2-cyclopropen-1-yl)-", 12712, "065051-83-4", 94
 22=, 22, 31.4928, 0.1426, "1H-Indene, 2,3-dihydro-5-methyl-", 13626, "000874-35-1", 95
 23=, 23, 31.5896, 0.1085, "1H-Indene, 1-methyl-", 12686, "000767-59-9", 96
 24=, 24, 32.4574, 0.3404, "Naphthalene-D8", 15146, "001146-65-2", 95
 25=, 25, 32.5635, 13.8250, "Naphthalene", 11578, "000091-20-3", 97
 26=, 26, 32.7217, 0.6467, "2-Benzothiophene", 14779, "000270-82-6", 93
 27=, 27, 32.9571, 0.1036, "Naphthalene", 11577, "000091-20-3", 42
 28=, 28, 33.0792, 0.1103, "Benzene, 1-methyl-3-(1-methyl-2-propenyl)-", 20856, "052161-57-6", 76
 29=, 29, 33.2795, 0.1317, "Dodecane", 36431, "000112-40-3", 95
 30=, 30, 33.7799, 0.0367, "Undecane, 2,6-dimethyl-", 46134, "017301-23-4", 64
 31=, 31, 33.9389, 0.0420, "Benzocycloheptene", 20777, "001075-16-7", 55
 32=, 32, 34.1694, 0.0247, "Benzene, (1-ethyl-1-propenyl)-", 20807, "004701-36-4", 60
 33=, 33, 34.2480, 0.0391, "Benzene, (1-ethyl-1-propenyl)-", 20807, "004701-36-4", 91
 34=, 34, 34.7423, 0.0663, "1H-Indene, 2,3-dihydro-5,6-dimethyl-", 20827, "001075-22-5", 93
 35=, 35, 35.1805, 0.0461, "1H-Indene, 2,3-dihydro-1,2-dimethyl-", 20824, "017057-82-8", 87
 36=, 36, 35.5920, 0.0579, "Tridecane, 7-methyl-", 55984, "026730-14-3", 74
 37=, 37, 35.7860, 0.0863, "3-Methylbenzothiophene", 22364, "001455-18-1", 92
 38=, 38, 36.0654, 5.3035, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566, "000090-12-0", 96
 39=, 39, 36.2351, 0.1198, "Benzo[b]thiophene, 6-methyl-", 22369, "016587-47-6", 70
 40=, 40, 36.2910, 0.1959, "Tridecane", 46086, "000629-50-5", 94
 41=, 41, 36.4032, 0.1155, "Benzo[b]thiophene, 2-methyl-", 22370, "001195-14-8", 55
 42=, 42, 36.5525, 2.2429, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 96
 43=, 43, 36.8876, 0.0642, "Benzene, 4-(2-butenyl)-1,2-dimethyl-, (E)-", 29584, "054340-86-2", 41
 44=, 44, 37.7289, 0.0315, "Cyclohexane, isothiocyanato-", 18317, "001122-82-3", 49
 45=, 45, 38.3186, 1.1289, "Biphenyl", 25988, "000092-52-4", 96
 46=, 46, 38.5592, 0.0721, "Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-", 113503, "000638-36-8", 89
 47=, 47, 38.7610, 0.0244, "Benzo[b]thiophene, 2,7-dimethyl-", 30621, "016587-40-9", 60
 48=, 48, 38.9096, 0.5449, "Naphthalene, 1-ethyl-", 27281, "001127-76-0", 97
 49=, 49, 39.0896, 0.2025, "Tetradecane", 55974, "000629-59-4", 95
 50=, 50, 39.2353, 0.6859, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 98
 51=, 51, 39.2784, 0.7803, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314, "000575-43-9", 98
 52=, 52, 39.6427, 1.4618, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8", 98
 53=, 53, 39.7500, 0.8434, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314, "000575-43-9", 98
 54=, 54, 40.2000, 0.4940, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27299, "000581-40-8", 97
 55=, 55, 40.2692, 0.1781, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 98
 56=, 56, 40.4219, 0.1448, "Biphenylene", 24424, "000259-79-0", 87
 57=, 57, 40.6077, 0.2616, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314, "000575-43-9", 97
 58=, 58, 40.8256, 0.1035, "Eicosane", 113490, "000112-95-8", 68
 59=, 59, 41.1728, 1.2362, "1,1'-Biphenyl, 3-methyl-", 35109, "000643-93-6", 95
 60=, 60, 41.3596, 4.5033, "Acenaphthene", 25996, "000083-32-9", 93
 61=, 61, 41.7109, 0.2622, "Pentadecane", 66066, "000629-62-9", 97
 62=, 62, 41.8986, 0.2342, "Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36490, "000829-26-5", 94
 63=, 63, 42.0680, 0.2944, "Benzene, [1-(2,4-cyclopentadien-1-ylidene)ethyl]-", 35123, "002320-32-3", 64
 64=, 64, 42.1993, 3.9302, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 91
 65=, 65, 42.3403, 0.1321, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 97
 66=, 66, 42.4536, 0.3061, "Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36485, "002245-38-7", 98
 67=, 67, 42.6076, 0.3257, "Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36486, "002245-38-7", 98
 68=, 68, 42.9962, 0.2613, "Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36485, "002245-38-7", 96
 69=, 69, 43.1175, 0.3098, "Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36486, "002245-38-7", 97
 70=, 70, 43.3252, 0.0219, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 46



71=, 71, 43.4504, 0.4372, "Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488, "000829-26-5", 96
72=, 72, 43.6999, 0.1179, "3,3'-Dimethylbiphenyl", 44663, "000612-75-9", 93
73=, 73, 43.7921, 0.1929, "3,3'-Dimethylbiphenyl", 44663, "000612-75-9", 98
74=, 74, 43.8880, 5.2755, "Fluorene", 33580, "000086-73-7", 97
75=, 75, 44.0869, 0.3067, "3,3'-Dimethylbiphenyl", 44663, "000612-75-9", 96
76=, 76, 44.1723, 0.2875, "Hexadecane", 76092, "000544-76-3", 96
77=, 77, 44.2154, 0.2672, "Benzene, [1-(2,4-cyclopentadien-1-ylidene)ethyl]-", 35123, "002320-32-3", 76
78=, 78, 44.3916, 0.9426, "1,1'-Biphenyl, 3-methyl-", 35114, "000643-93-6", 87
79=, 79, 44.5846, 0.4426, "1,1'-Biphenyl, 2-methyl-", 35119, "000643-58-3", 95
80=, 80, 44.6927, 0.0808, "Naphthalene, 1-methyl-7-(1-methylethyl)-", 46194, "000490-65-3", 11
81=, 81, 44.8063, 0.9792, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 93
82=, 82, 44.9204, 0.0806, "Fluorene-9-methanol", 54462, "024324-17-2", 42
83=, 83, 45.1581, 1.2543, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 94
84=, 84, 45.3285, 0.0722, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 27
85=, 85, 45.4177, 0.3649, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 91
86=, 86, 45.7064, 0.0792, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243, "000605-67-4", 27
87=, 87, 45.9010, 0.1034, "(4-Acetylphenyl)phenylmethane", 64422, "000782-92-3", 64
88=, 88, 46.0260, 0.3660, "Anthracene, 9,10-dihydro-", 43251, "000613-31-0", 96
89=, 89, 46.1303, 0.1160, "Benzene, 1-methyl-2-[(3-methylphenyl)methyl]-", 54598, "021895-13-6", 64
90=, 90, 46.4979, 0.4839, "Heptadecane", 85524, "000629-78-7", 98
91=, 91, 46.6722, 0.7717, "9H-Fluorene, 1-methyl-", 43244, "001730-37-6", 97
92=, 92, 46.7505, 0.2357, "Pentadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-", 104288, "001921-70-6", 98
93=, 93, 46.8244, 0.3074, "9H-Fluorene, 2-methyl-", 43235, "001430-97-3", 97
94=, 94, 46.9273, 0.1770, "Phenol, 4-(2-phenylethenyl)-, (E)-", 54501, "006554-98-9", 55
95=, 95, 46.9789, 0.0753, "4-Phenyl-3,4-dihydroisoquinoline", 62241, "006187-58-2", 27
96=, 96, 47.0927, 0.3980, "9H-Fluorene, 2-methyl-", 43235, "001430-97-3", 95
97=, 97, 47.2047, 0.0822, "Sulfide, bis(2-cyano-3,4-dihydro-2,3,3-trimethyl-2H-pyrrol-5-yl)-", 125920, "1000190-79-0", 35
98=, 98, 47.3003, 0.1346, "4,4'-Dimethylbiphenyl", 44666, "000613-33-2", 70
99=, 99, 47.4607, 0.4252, "2,2-Dimethyl-1-acenaphthenone", 54478, "018086-43-6", 70
100=, 100, 47.5769, 0.5648, "Naphtho[2,1-b]furan, 1,2-dimethyl-", 54490, "129812-23-3", 55
101=, 101, 47.8917, 1.6045, "Dibenzothiophene", 46034, "000132-65-0", 96
102=, 102, 48.0531, 0.1359, "Phenol, 4-(2-phenylethenyl)-, (E)-", 54501, "006554-98-9", 42
103=, 103, 48.1141, 0.1273, "Pyrrolo[2,3-f]quinoline, 3-acetonitrile-", 62206, "087361-85-1", 41
104=, 104, 48.2311, 0.0905, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 38
105=, 105, 48.3249, 0.0769, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243, "000605-67-4", 38
106=, 106, 48.5360, 13.5230, "Phenanthrene", 41765, "000085-01-8", 96
107=, 107, 48.7013, 0.3489, "Eicosane", 113490, "000112-95-8", 98
108=, 108, 48.7679, 1.2055, "Phenanthrene", 41765, "000085-01-8", 96
109=, 109, 49.0338, 0.2381, "Pentadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-", 104287, "001921-70-6", 51
110=, 110, 49.1714, 0.5729, "5H-Indeno[1,2-b]pyridine", 34225, "000244-99-5", 93
111=, 111, 49.4484, 0.3496, "Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester", 121708, "003555-45-1", 38
112=, 112, 49.5714, 0.1909, "Phenanthrene, 9,10-dihydro-1-methyl-", 52975, "095676-48-5", 87
113=, 113, 49.7680, 0.0874, "Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester", 121708, "003555-45-1", 50
114=, 114, 49.8655, 0.0970, "Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester", 121708, "003555-45-1", 50
115=, 115, 49.9521, 0.2647, "Dibenzo[a,e]cyclooctene", 60122, "000262-89-5", 93
116=, 116, 50.0758, 0.3129, "3,5,3',5'-Tetramethylbiphenyl", 64477, "025570-02-9", 70
117=, 117, 50.1509, 0.2525, "Dibenzothiophene, 4-methyl-", 55840, "007372-88-5", 95
118=, 118, 50.2627, 0.1447, "Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester", 121708, "003555-45-1", 50
119=, 119, 50.4205, 0.1461, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 58
120=, 120, 50.5543, 0.2880, "Dibenzothiophene, 3-methyl-", 55839, "016587-52-3", 90
121=, 121, 50.8177, 0.4406, "Nonadecane", 104271, "000629-92-5", 98
122=, 122, 51.0347, 1.1042, "Phenanthrene, 2-methyl-", 51412, "002531-84-2", 98
123=, 123, 51.1680, 1.1992, "Phenanthrene, 2-methyl-", 51411, "002531-84-2", 97
124=, 124, 51.4091, 0.5179, "Phenanthrene, 1-methyl-", 51408, "000832-69-9", 96
125=, 125, 51.6021, 1.2886, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50048, "000203-64-5", 76
126=, 126, 51.7325, 0.8299, "Phenanthrene, 2-methyl-", 51412, "002531-84-2", 97
127=, 127, 52.0369, 0.1638, "Methyltris(trimethylsiloxy)silane", 130466, "017928-28-8", 50
128=, 128, 52.4718, 0.1104, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 72
129=, 129, 52.5875, 0.6125, "2-Phenyl-naphthalene", 60107, "035465-71-5", 90
130=, 130, 52.8459, 0.1277, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 49



131=,131, 52.9697, 0.0925,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",64
 132=,132, 53.1593, 0.2474,"Eicosane",113489,"000112-95-8",95
 133=,133, 53.2393, 0.0554,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",58
 134=,134, 53.7360, 0.1713,"Anthracene, 9,10-dihydro-9,9,10-trimethyl-", 73092,"014923-29-6",70
 135=,135, 53.9942, 0.1508,"Phenanthrene, 2,5-dimethyl-", 61594,"003674-66-6",95
 136=,136, 54.0973, 0.0859,"5-Methyl-2-phenylindolizine", 62231,"036944-99-7",76
 137=,137, 54.3966, 0.0442,"5-Methyl-2-phenylindolizine", 62231,"036944-99-7",76
 138=,138, 54.5004, 0.2308,"Phenanthrene, 2,5-dimethyl-", 61594,"003674-66-6",91
 139=,139, 54.6720, 0.2610,"Phenanthrene, 2,5-dimethyl-", 61594,"003674-66-6",78
 140=,140, 54.8506, 0.1311,"Phenanthrene, 2,3-dimethyl-", 61593,"003674-65-5",86
 141=,141, 55.0699, 0.1108,"5-Methyl-2-phenylindolizine", 62231,"036944-99-7",64
 142=,142, 55.1396, 0.0200,"1H-Indole, 1-methyl-2-phenyl-", 62238,"003558-24-5",62
 143=,143, 55.1607, 0.0394,"Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243,"000605-67-4",60
 144=,144, 55.3302, 4.4264,"Fluoranthene", 58557,"000206-44-0",98
 145=,145, 55.4974, 0.2315,"5-Methyl-2-phenylindolizine", 62231,"036944-99-7",35
 146=,146, 55.8337, 0.1157,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",43
 147=,147, 55.9363, 0.2453,"Eicosane",113489,"000112-95-8",93
 148=,148, 56.3787, 0.1293,"1H-Indole, 3-methyl-2-(2'-pyridyl)-", 62929,"000951-25-7",43
 149=,149, 56.9719, 2.3854,"Pyrene", 58551,"000129-00-0",95
 150=,150, 57.0882, 0.4942,"Benzo[k]xanthene", 69996,"000200-23-7",89
 151=,151, 57.3177, 0.2128,"Naphthalene, 1-phenyl-", 60119,"000605-02-7",35
 152=,152, 57.6300, 0.1837,"Benzo[b]naphtho[1,2-d]furan", 69998,"000239-30-5",86
 153=,153, 58.1541, 0.2313,"Benzo[b]naphtho[2,3-d]furan", 70000,"000243-42-5",95
 154=,154, 58.8003, 0.0542,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",74
 155=,155, 58.9976, 0.1122,"Benzo[b]naphtho[2,3-d]furan", 70001,"000243-42-5",91
 156=,156, 59.3352, 0.3273,"Pyrene, 1-methyl-", 68688,"002381-21-7",89
 157=,157, 60.1745, 0.7318,"1H-Benzo[b]fluorene", 68695,"000243-17-4",94
 158=,158, 60.3702, 0.0719,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",53
 159=,159, 60.8576, 0.5536,"Fluoranthene, 2-methyl-", 68702,"033543-31-6",96
 160=,160, 61.3263, 0.0795,"Fluoranthene, 2-methyl-", 68702,"033543-31-6",78
 161=,161, 62.3079, 0.0909,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",62
 162=,162, 63.5625, 0.0565,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",83
 163=,163, 64.2017, 0.0072,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73122,"000541-05-9",50
 164=,164, 65.2598, 0.0248,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",68
 165=,165, 65.4373, 0.0768,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",62
 166=,166, 67.7138, 0.1907,"Benzo[b]naphtho[2,3-d]thiophene", 81179,"000243-46-9",86
 167=,167, 68.1698, 0.1170,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",53
 168=,168, 68.5007, 0.0023,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",62
 169=,169, 71.6077, 0.5606,"Benz[a]anthracene", 77464,"000056-55-3",95
 170=,170, 72.1093, 0.2627,"Triphenylene", 77462,"000217-59-4",98
 171=,171, 72.1335, 0.2641,"Triphenylene", 77462,"000217-59-4",96

8109 2nd

Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"
 1=, 1, 8.2369, 0.1891,"Benzene", 1001,"000071-43-2",86
 2=, 2, 14.2597, 0.6187,"Toluene", 2400,"000108-88-3",91
 3=, 3, 19.4315, 0.4808,"Ethylbenzene", 4954,"000100-41-4",95
 4=, 4, 19.8545, 0.7073,"p-Xylene", 4949,"000106-42-3",91
 5=, 5, 20.9690, 0.2647,"p-Xylene", 4944,"000106-42-3",94
 6=, 6, 24.0887, 0.1409,"Benzene, 1-ethyl-2-methyl-", 9134,"000611-14-3",94
 7=, 7, 25.2929, 0.6518,"1,3,5-Norcaratriene", 2318,"004646-69-9",64
 8=, 8, 25.4524, 0.2703,"Benzene, 1,3,5-trimethyl-", 9124,"000108-67-8",83
 9=, 9, 27.0368, 1.7095,"Indane", 8677,"000496-11-7",87
 10=, 10, 27.2776, 2.6994,"Indene", 8167,"000095-13-6",97
 11=, 11, 29.2245, 0.1282,"Benzofuran, 7-methyl-", 14066,"017059-52-8",91
 12=, 12, 29.4397, 0.3771,"Benzofuran, 7-methyl-", 14066,"017059-52-8",97
 13=, 13, 30.8454, 0.1166,"1H-Indene, 2,3-dihydro-4-methyl-", 13627,"000824-22-6",96
 14=, 14, 31.2002, 0.1591,"Benzene, 1-butenyl-, (E)-", 13605,"001005-64-7",93
 15=, 15, 32.1602, 2.1100,"Naphthalene-D8", 15147,"001146-65-2",95
 16=, 16, 32.2687,62.8970,"Naphthalene", 11576,"000091-20-3",97



17=, 17, 32.4218, 2.7290, "Benzo[b]thiophene", 14776, "000095-15-8", 83
 18=, 18, 35.7633, 4.3308, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 97
 19=, 19, 36.2525, 2.0932, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566, "000090-12-0", 97
 20=, 20, 38.0299, 0.6833, "Biphenyl", 25990, "000092-52-4", 94
 21=, 21, 38.6218, 0.1680, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8", 90
 22=, 22, 38.9464, 0.1731, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27291, "000575-43-9", 96
 23=, 23, 38.9861, 0.2276, "Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27309, "000575-41-7", 94
 24=, 24, 39.3451, 0.4876, "Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27309, "000575-41-7", 95
 25=, 25, 39.4514, 0.2747, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 95
 26=, 26, 39.9083, 0.0668, "Naphthalene, 1,4-dimethyl-", 27312, "000571-58-4", 93
 27=, 27, 40.9019, 3.0062, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 72
 28=, 28, 41.0520, 2.0001, "Acenaphthene", 25993, "000083-32-9", 83
 29=, 29, 41.8954, 1.7346, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 91
 30=, 30, 43.5814, 1.6604, "Fluorene", 33580, "000086-73-7", 91
 31=, 31, 44.5162, 0.2073, "[1,1'-Biphenyl]-4-carboxaldehyde", 44609, "003218-36-8", 87
 32=, 32, 44.8713, 0.2478, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 90
 33=, 33, 47.5939, 0.3157, "Dibenzothiophene", 46034, "000132-65-0", 94
 34=, 34, 48.2169, 2.8946, "Phenanthrene", 41767, "000085-01-8", 96
 35=, 35, 48.4710, 0.1163, "Phenanthrene", 41763, "000085-01-8", 96
 36=, 36, 48.8923, 0.3930, "Carbazole", 34221, "000086-74-8", 90
 37=, 37, 50.7166, 0.2219, "Phenanthrene, 2-methyl-", 51412, "002531-84-2", 91
 38=, 38, 50.8489, 0.1693, "1H-Cyclopropa[l]phenanthrene,1a,9b-dihydro-", 51425, "000949-41-7", 64
 39=, 39, 51.2715, 0.2139, "Benzaldehyde, 3,5-dichloro-2-hydroxy-", 50198, "000090-60-8", 47
 40=, 40, 54.9510, 1.7534, "Hexadecane, 1-chloro-", 98779, "004860-03-1", 64
 41=, 41, 56.4977, 0.3110, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 83

8109 3rd

Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"
 1=, 1, 14.1914, 0.2407, "Toluene", 2400, "000108-88-3", 91
 2=, 2, 19.3734, 0.2354, "Ethylbenzene", 4955, "000100-41-4", 91
 3=, 3, 19.7978, 0.3536, "o-Xylene", 4952, "000095-47-6", 97
 4=, 4, 20.9130, 0.1244, "Benzene, 1,3-dimethyl-", 4970, "000108-38-3", 94
 5=, 5, 24.0356, 0.1207, "Benzene, 1-ethyl-3-methyl-", 9130, "000620-14-4", 94
 6=, 6, 25.2432, 0.3131, "Benzofuran", 8671, "000271-89-6", 94
 7=, 7, 25.4061, 0.1561, "Benzene, 1-ethyl-4-methyl-", 9136, "000622-96-8", 94
 8=, 8, 26.9971, 0.9393, "Indane", 8677, "000496-11-7", 87
 9=, 9, 27.2360, 1.3561, "Benzene, 1-propynyl-", 8172, "000673-32-5", 95
 10=, 10, 29.3938, 0.2516, "Benzofuran, 7-methyl-", 14066, "017059-52-8", 94
 11=, 11, 30.8039, 0.1143, "1-Phenyl-1-butene", 13590, "000824-90-8", 94
 12=, 12, 31.1606, 0.1304, "Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-", 13609, "003454-07-7", 93
 13=, 13, 32.1274, 2.0202, "Naphthalene-D8", 15147, "001146-65-2", 94
 14=, 14, 32.2429, 42.0903, "Naphthalene", 11578, "000091-20-3", 95
 15=, 15, 32.3882, 1.4980, "Benzo[b]thiophene", 14776, "000095-15-8", 90
 16=, 16, 35.7327, 5.1598, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 97
 17=, 17, 36.2195, 2.2687, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566, "000090-12-0", 97
 18=, 18, 37.9909, 0.9134, "Biphenyl", 25988, "000092-52-4", 95
 19=, 19, 38.5804, 0.3763, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8", 91
 20=, 20, 38.9054, 0.4588, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 97
 21=, 21, 38.9506, 0.4233, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8", 97
 22=, 22, 39.3127, 0.9529, "Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27309, "000575-41-7", 97
 23=, 23, 39.4194, 0.5211, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27286, "000581-42-0", 96
 24=, 24, 39.8708, 0.3335, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27294, "000582-16-1", 96
 25=, 25, 39.9409, 0.1443, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27284, "000582-16-1", 95
 26=, 26, 40.0870, 0.1493, "Biphenylene", 24424, "000259-79-0", 90
 27=, 27, 40.2741, 0.1567, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27304, "000581-42-0", 94
 28=, 28, 40.8757, 3.2654, "Acenaphthene-d10", 32157, "015067-26-2", 80
 29=, 29, 41.0271, 3.2115, "Acenaphthene", 25994, "000083-32-9", 95
 30=, 30, 41.1050, 0.1937, "1,1'-Biphenyl, 4-methyl-", 35110, "000644-08-6", 96
 31=, 31, 41.4036, 0.1191, "Pentadecane", 66064, "000629-62-9", 90
 32=, 32, 41.5677, 0.1555, "Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36486, "002245-38-7", 95



33=, 33, 41.8665, 3.1467, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 91
34=, 34, 42.1287, 0.1567, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 96
35=, 35, 42.2807, 0.1431, "Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36489, "000829-26-5", 96
36=, 36, 42.6750, 0.1615, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 96
37=, 37, 42.7903, 0.1854, "Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488, "000829-26-5", 97
38=, 38, 43.1240, 0.2614, "Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36487, "002245-38-7", 93
39=, 39, 43.5531, 3.5735, "Fluorene", 33580, "000086-73-7", 94
40=, 40, 43.8771, 0.2447, "Benzene, [1-(2,4-cyclopentadien-1-ylidene)ethyl]-", 35123, "002320-32-3", 64
41=, 41, 44.0594, 0.5308, "1,1'-Biphenyl, 3-methyl-", 35114, "000643-93-6", 91
42=, 42, 44.2539, 0.2367, "1,1'-Biphenyl, 2-methyl-", 35111, "000643-58-3", 93
43=, 43, 44.4766, 0.5512, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 94
44=, 44, 44.8278, 0.6741, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 94
45=, 45, 45.0917, 0.1491, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 91
46=, 46, 45.6948, 0.1898, "Anthracene, 9,10-dihydro-", 43254, "000613-31-0", 97
47=, 47, 46.1943, 0.2194, "Tridecane", 46085, "000629-50-5", 94
48=, 48, 46.3456, 0.4012, "9H-Fluorene, 1-methyl-", 43240, "001730-37-6", 92
49=, 49, 46.4971, 0.2507, "9H-Fluorene, 9-methyl-", 43238, "002523-37-7", 93
50=, 50, 46.7595, 0.2115, "9H-Fluorene, 2-methyl-", 43235, "001430-97-3", 96
51=, 51, 47.1394, 0.2256, "Naphtho[2,1-b]furan, 1,2-dimethyl-", 54490, "129812-23-3", 68
52=, 52, 47.2537, 0.1329, "Naphtho[2,1-b]furan, 1,2-dimethyl-", 54490, "129812-23-3", 46
53=, 53, 47.5589, 0.9118, "Dibenzothiophene", 46034, "000132-65-0", 94
54=, 54, 48.1985, 9.0962, "Phenanthrene", 41763, "000085-01-8", 96
55=, 55, 48.4351, 0.9759, "Anthracene", 41767, "000085-01-8", 95
56=, 56, 48.8511, 0.5027, "Carbazole", 34221, "000086-74-8", 95
57=, 57, 50.5013, 0.1492, "Nonadecane", 104271, "000629-92-5", 97
58=, 58, 50.6868, 0.5810, "Anthracene, 2-methyl-", 51397, "000613-12-7", 95
59=, 59, 50.8162, 0.5318, "Phenanthrene, 2-methyl-", 51412, "002531-84-2", 96
60=, 60, 51.0544, 0.1896, "Phenanthrene, 2-methyl-", 51411, "002531-84-2", 96
61=, 61, 51.2382, 0.7493, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50049, "000203-64-5", 76
62=, 62, 51.3662, 0.3928, "Phenanthrene, 2-methyl-", 51411, "002531-84-2", 93
63=, 63, 52.2051, 0.2852, "2-Phenylnaphthalene", 60107, "035465-71-5", 95
64=, 64, 54.8555, 2.4802, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 93
65=, 65, 56.4486, 1.3182, "Fluoranthene", 58556, "000206-44-0", 87
66=, 66, 56.5897, 0.2401, "Benzo[k]xanthene", 69996, "000200-23-7", 91
67=, 67, 59.5586, 0.4928, "11H-Benzo[b]fluorene", 68695, "000243-17-4", 93
68=, 68, 60.2195, 0.3721, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 93
69=, 69, 70.5883, 0.3375, "Benz[a]anthracene", 77467, "000056-55-3", 95



Evaluation of pollutant biodegradation at the Resanat site of a former Carcoke coking plant in Zeebrugge (Belgium)

Pilotzone 2

Ordering party:	Witteveen + Bos Gorislaan 49 1820 Steenokkerzeel Belgium
Contact person:	Filip Sanders (Witteveen + Bos) Phone: +32 476 850 222; Mail: filip.sanders@witteveenbos.com Dr. Sofie Thijs (Hasselt University) Phone: +32 11 26 82 25; Mail: sofie.thijs@uhasselt.be Dirk Dubin (Bio2clean) Phone: +32 495 99 71 14; Mail: dirk@bio2clean.com
Contractor:	Isodetect GmbH Deutscher Platz 5b 04103 Leipzig Germany
Person in charge:	Dr. Kevin Kuntze Phone: +49 341 35535851; Mail: kuntze@isodetect.de Dr. Anko Fischer Phone: +49 341 35535855; Mail: fischer@isodetect.de
Sampling period:	June 2021 – June 2022
Field site:	Resanat – pilot 2
Project number:	27-21-L-IF
Scope on analysis:	12 x GC/MS-screening



Report volume:

19 Pages

13 Figures

2 Tables

1 Appendix (28 pages)

Leipzig, 30th of September 2022

.....
Dr. Kevin Kuntze

.....
Dr. Anko Fischer

Table of Contents

1	Purpose and scope of analysis.....	2
2	Methodology.....	3
2.1	Basics of GC/MS-screening.....	3
2.2	Sampling	4
2.3	Procedure of applied methods.....	5
3	Results and data interpretation.....	5
3.1	Hydrocarbon pattern by total ion chromatograms.....	5
3.2	Distribution patterns of hydrocarbon classes (SIM measurements)	8
3.3	Diagnostic ratios	9
4	Summary.....	19
5	References	19
	Appendix.....	I

1 Purpose and scope of analysis

A substantial soil and groundwater contamination by coking plant residues (CPR) is present at the former Carcoke site in Zeebrugge (Belgium). This site is part of the Interreg project RESANAT (REst pollution SANtering with NAture-based Techniques), in which new green techniques are tested to clean-up contaminated sites. At the Carcoke site, three sites had been selected where pilot tests were carried out for testing microorganism-assisted phytoremediation. The **pilotzone 2** is located at the peripheral zone of the Carcoke site (Figure 1).

The aim of this pilot test 2 was to remediate the residual contamination present at this zone and manage its risks. Main contaminants were polyaromatic and monoaromatic hydrocarbons (PAH and BTEX) (1). The scope of the applied remediation was microorganism-assisted phytodegradation and phytostabilisation. This was carried out by a new plantation event and already existing vegetation (mainly Phragmites, *Rubus caesius*), combined with inoculation of microorganisms (*Pseudomonas* RES10 isolated from the Resanat site and *Pseudomonas* VI4.1; *information provided by Hasselt University*) at the locations b7108 to b7115.

In order to evaluate CPR biodegradation mainly for PAH Witteveen + Bos entrusted Isodetect GmbH (Deutscher Platz 5b, 04103 Leipzig, Germany) with time-integrated GC/MS-screening.



Figure 1 Locations of investigated sampling points of pilotzone 2 for GC/MS-screening.

2 Methodology

2.1 Basics of GC/MS-screening

Besides physical weathering processes (e.g. evaporation of volatile compounds into soil air or atmosphere, wash-out of water-soluble substances by rain and/or groundwater), biodegradation significantly leads to characteristic changes in the hydrocarbon composition. For example, homologous *n*-alkanes are preferably biodegraded than branched alkanes (isoprenoids) as well as non-substituted polyaromatic hydrocarbons (PAH) than alkylated PAH (C₁-; C₂-; C₃-PAH) (Fig. 2) (2,3).

Fuel Type	Level of Biodegradation	Chemical Composition
Gasoline Diesel Bunker C fuel	1	Abundant n-alkanes
	2	Light-end n-alkanes removed
	3	Middle range n-alkanes, olefins, benzene & toluene removed
	4	More than 90% of n-alkanes removed
	5	Alkylcyclohexanes & alkylbenzenes removed Isoprenoids & C ₀ -naphthalene reduced
	6	Isoprenoids, C ₁ -naphthalenes, benzothiophene & alkylbenzothiophenes removed C ₂ -naphthalenes selectively reduced
	7	Phenanthrenes, dibenzothiophenes and other polynuclear aromatic hydrocarbons reduced
	8	Tricyclic terpanes enriched Regular steranes selectively removed C ₃₁ to C ₃₅ -homohopanes reduced
	9	Tricyclic terpanes, diasteranes & aromatic steranes abundant

Figure 2 Change in the hydrocarbon composition of refinery products due to biodegradation (modified from 3).

The various biodegradability of substance classes or specific compounds provides the potential for evaluating the hydrocarbon biodegradation. Gas chromatography–mass spectrometry (GC/MS) is an analytical method that combines the features of gas-chromatography and mass spectrometry and allows the identification of different compounds or substance classes within a test sample. Thus, it is possible to determine distribution pattern for various hydrocarbons with different affinities of biodegradability. More specifically, diagnostic ratios (DR) can be determined, which provide indication for hydrocarbon biodegradation.

2.2 Sampling

For GC/MS-screening, soil samples were taken by Witteveen + Bos according to a sampling protocol provided by Isodetect. Two samples of the not-inoculated zone (b7103, b7106) and inoculated zone (b7112, b7113), respectively, were taken at three time points (directly before inoculation in June 21, October 2021 and June 2022) and directly sent to Isodetect (Fig. 3, Tab. 1).

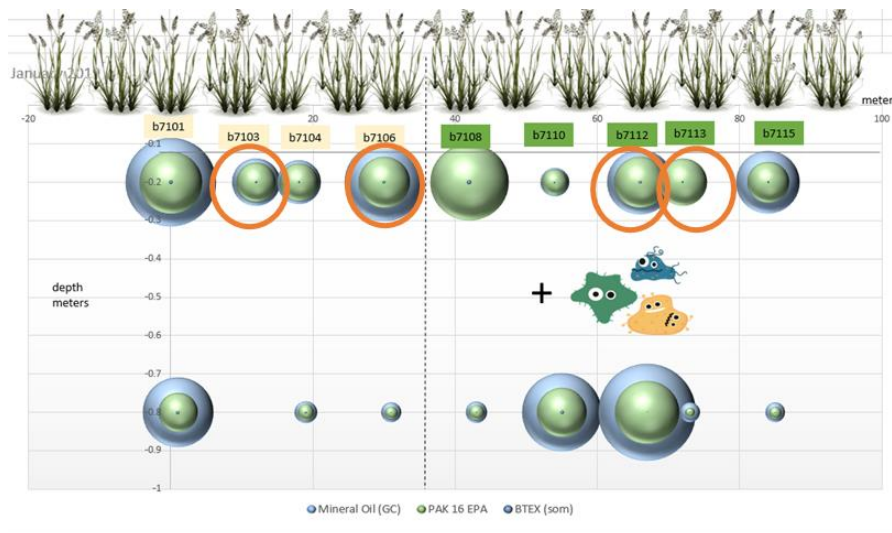


Figure 3 Locations of investigated sampling points for GC/MS-screening (orange circles) at the Resanat site pilotzone 2 in Zeebrugge (Belgium). [Map provided by Hasselt University].

Table 1 Sample list for GC/MS-screening.

Well	planting/activity	sampling campaign	
		1st	2nd
b7103 (0 - 20 cm)	phragmites, no inoculation	1st	25.06.2021
		2nd	01.10.2021
		3rd	16.06.2022
b7106 (0 - 20 cm)	phragmites, no inoculation	1st	25.06.2021
		2nd	01.10.2021
		3rd	16.06.2022
b7112 (0 - 20 cm)	phragmites, inoculation	1st	25.06.2021
		2nd	01.10.2021
		3rd	16.06.2022
b7113 (0 - 20 cm)	phragmites, inoculation	1st	25.06.2021
		2nd	01.10.2021
		3rd	16.06.2022



2.3 Procedure of applied methods

For GC/MS-screening, soil samples were extracted by Soxhlet extraction method with a solvent mixture of *n*-pentane and acetone (3:1). The extracts were injected in a gas chromatograph (GC) coupled with a quadrupole mass spectrometer (qMS). The separation of the hydrocarbon mixture was achieved by a validated in-house procedure. Target substance classes or compounds were identified by comparison of retention times with external standards and of mass spectra with those of the NIST data base (Appendix). In order to determine hydrocarbon distribution pattern and DR, single ion mode (SIM) chromatograms were ascertained for substance- and compound-class-specific mass fragments.

3 Results and data interpretation

3.1 Hydrocarbon pattern by total ion chromatograms

The total ion chromatograms (TIC) of the four soil samples illustrate a relatively similar pattern within the range of C₁₀ to C₄₀ hydrocarbons (C_n with n = number of carbon atoms) at the time point before inoculation (1st sampling, Fig. 4 and 5). Only sample b7113 revealed a slight reduction of the C₁₂-C₁₈ fraction, indicating a bit higher degree of weathering in comparison to the other sampling points. For all samples, the majority of hydrocarbons are polyaromatic hydrocarbons (Appendix). Only a minor fraction belongs to monoaromatic compounds (polyalkylated benzenes). Branched and *n*-alkanes were detected only in traces.

At b7103 (without inoculation), the pattern did not change over the time of investigation, indicating a limited phytoremediation effect by the already existing vegetation.

At b7106 (without inoculation), the fraction of C₁₂-C₁₈ hydrocarbons (e.g. acenaphthene, dibenzofuran, phenanthrene) seems to be increased in comparison to the >C₁₈-fraction at the 2nd and 3rd sampling point (Fig. 4). This is probably not caused by a stimulated (phyto)degradation effect. It can be assumed, that this observation is rather due to inhomogeneous distributions of hydrocarbons in the soil. Therefore, a limited phytoremediation effect can be expected over the time of investigation at b7106 (without inoculation).

The TIC of b7112 (with inoculation) revealed a decrease in the C₁₂-C₁₈ fraction at the 3rd sampling campaign, indicating a weathering/degradation effect at this sampling point.

At b7113 (with inoculation), the hydrocarbon pattern did not change over the time of investigation, indicating a limited bio-/phytoremediation effect.

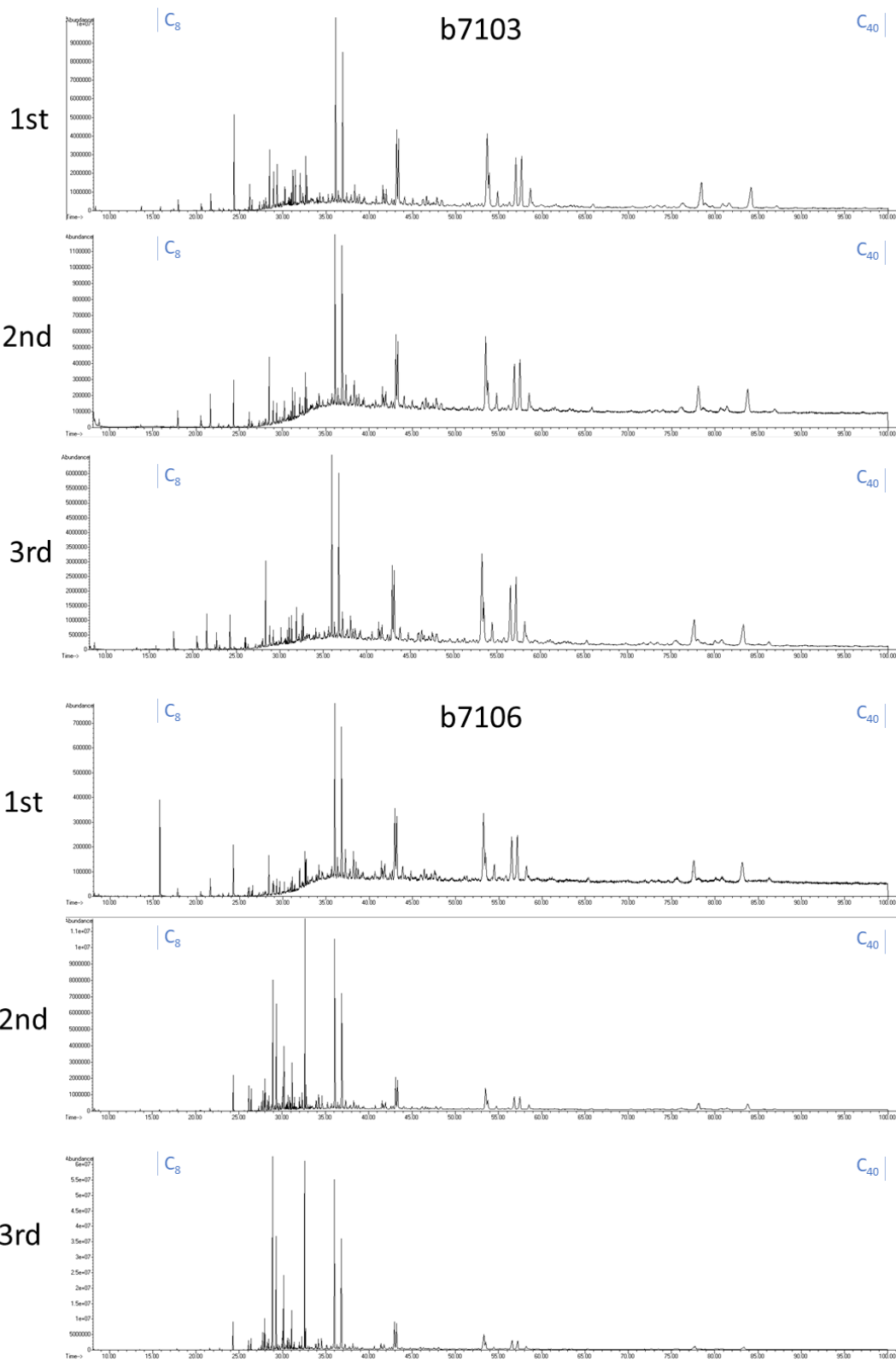


Figure 4 Total ion chromatograms of samples taken from sampling points without inoculation of microorganisms at pilotzone 2 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).

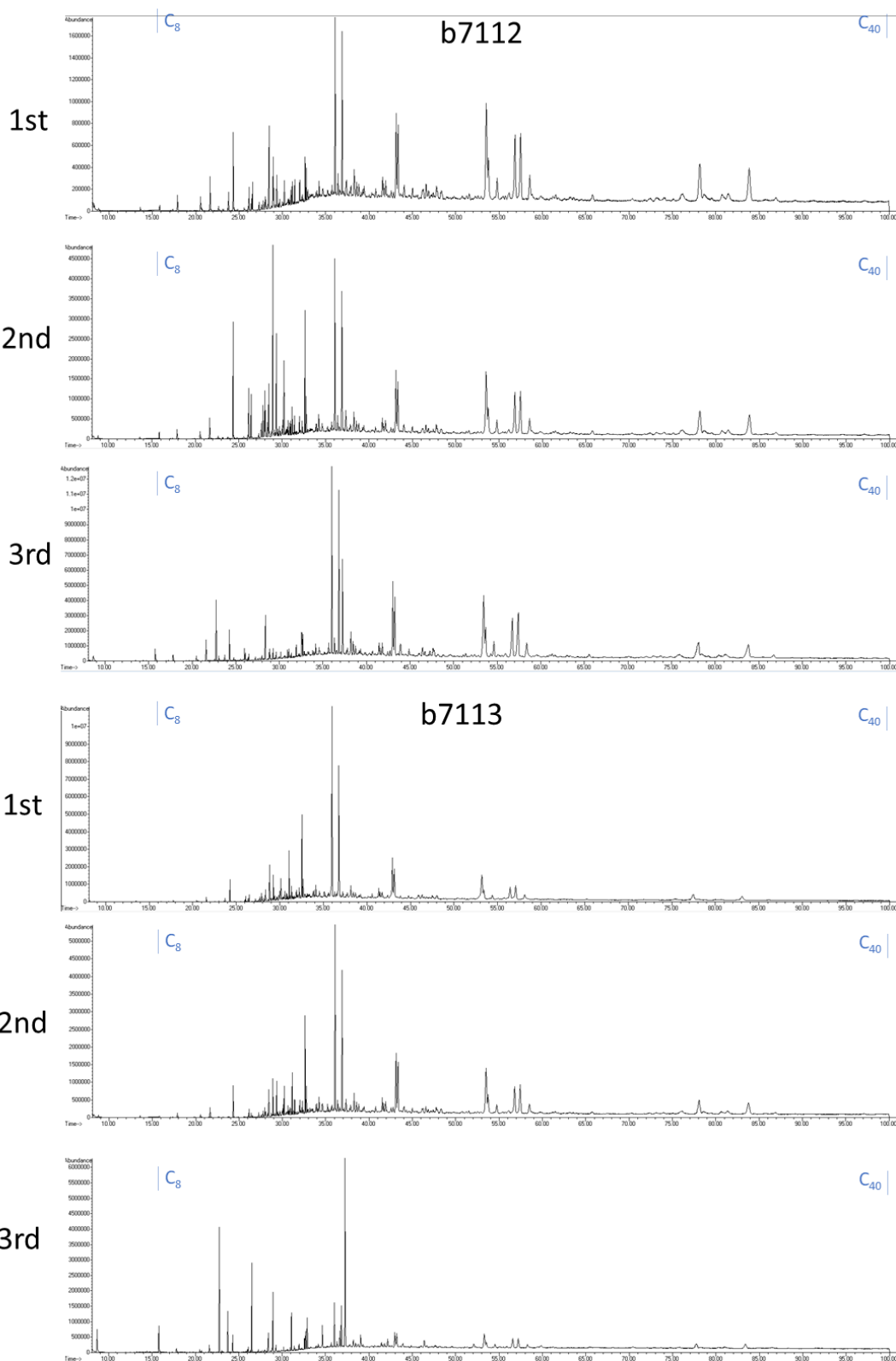


Figure 5 Total ion chromatograms of samples taken from sampling points with inoculation of microorganisms at pilotzone 2 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).

3.2 Distribution patterns of hydrocarbon classes (SIM measurements)

In order to evaluate biodegradation, distribution patterns of hydrocarbons with varying biodegradability (Fig. 2) were determined by GC/MS-screening in single ion mode (SIM) and plotted for the investigated sampling points (Fig. 6-13). The following compound classes with specific mass fragments and increasing microbial persistence (i to vi) were taken into account for evaluating biodegradation:

- i) *n*-alkanes: $m/z - 85$
- ii) C_2 -alkylbenzenes: $m/z - 106$
- iii) C_3 -alkylbenzenes: $m/z - 105$
- iv) isoprenoides: $m/z - 113$
- v) steranes including alkylated PAHs: $m/z - 217$
- vi) triaromatic steroids including alkylated PAHs: $m/z - 231$.

The SIM chromatograms of the four soil samples illustrate a relatively similar pattern within the range of C_{10} to C_{40} hydrocarbons at the time point before inoculation (1st sampling, Fig. 6-9). The less pronounced *n*-alkane and C_2 -alkylbenzenes pattern obtained for all sampling points indicate a relatively high level of hydrocarbon biodegradation at the investigated field site. The pattern of the mass fragment 113 belongs to the fraction of PAHs and not to isoprenoids (Appendix), confirming the minor fraction of aliphatic hydrocarbons in all samples.

At b7103 (without inoculation), the pattern did not change over the time of investigation, indicating a limited phytoremediation effect. At b7106 (without inoculation), a single peak containing the mass fragment m/z 113 increased at the 3rd sampling point. This peak corresponds to acenaphthene. Such an increase in comparison to higher-chain PAHs can be attributed to inhomogeneous distributions of hydrocarbons in the soil. Therefore, a limited phytoremediation effect can be expected. The SIM pattern of b7112 (with inoculation) showed a slight decrease of the C_{12} - C_{18} fraction with mass fragments m/z 113 and 217 (Fig. 8) at the 3rd sampling campaign, indicating a weathering/degradation effect at this sampling point. The same observation can be made for the SIM pattern of b7113 (with inoculation). A slight decrease of the C_{12} - C_{18} fraction with mass fragments m/z 113 and 217 (Fig. 10) at the 3rd sampling campaign indicates a weathering/degradation effect at this sampling point.

PAHs exhibit different affinities for biodegradation. There is a general trend that microbial persistence increase with increasing alkylation (4-7). In order to examine such a trend, distribution pattern of non-substituted and C_2 -alkylated PAHs were plotted as well (Fig. 10-13):

- naphthalene: $m/z - 128$
- C_2 -naphthalenes: $m/z - 156$
- anthracene/phenanthrene: $m/z - 178$
- C_2 -anthracenes/phenanthrenes: $m/z - 206$
- pyrene/fluoranthene: $m/z - 202$
- C_2 -pyrenes/fluoranthenes: $m/z - 230$

The SIM pattern of b7103 (without inoculation) did not show a clear visual increase of C₂-alkylated PAHs in comparison to the non-substituted PAHs, indicating a limited PAH degradation. However, an increase of alkylated PAHs is probably only hardly visible due to the high fraction of non-substituted PAHs. In comparison to pyrene/fluoranthene (m/z 202), there is a minor decrease of naphthalene (m/z 128) from 1st to 3rd sampling visible, indicating a degradation trend of naphthalene at this sampling point.

The SIM pattern of b7106 (without inoculation) showed an increase of C₂-naphthalenes in comparison to non-substituted naphthalene, indicating a degradation trend of naphthalene at this sampling point. The SIM pattern of 3- and 4-ring PAHs did not show a clear visual increase of C₂-alkylated PAHs in comparison to the non-substituted PAHs indicating a limited degradation. The increase of the anthracene/phenanthrene peak (m/z 178) can be attributed to inhomogeneous distributions of hydrocarbons in the soil.

The SIM pattern of b7112 did not show a clear visual increase of C₂-alkylated PAHs in comparison to the non-substituted PAHs, indicating a limited PAH degradation. However, an increase of alkylated PAHs is probably only hardly visible due to the high fraction of non-substituted PAHs. The higher amount of naphthalene and anthracene/phenanthrene in comparison to pyrene/fluoranthene can be attributed to inhomogeneous distributions of hydrocarbons in the soil.

At the 3rd sampling, the SIM pattern of b7113 showed a slight increase of C₂-naphthalenes and C₂-anthracenes/phenanthrenes in comparison to the non-substituted PAHs, indicating a degradation trend at this sampling point. The SIM pattern of C₂-pyrenes/fluoranthenes PAHs did not show a clear visual increase in comparison to the non-substituted PAHs.

3.3 Diagnostic ratios

Diagnostic ratios (DR) are often applied for evaluating weathering process specifically biodegradation of hydrocarbon products in the environment. Biodegradation-specific DR were determined in order to evaluate hydrocarbon biodegradation at the investigated sampling points (Tab. 2).

Values of *n*-C₁₇-alkane/pristane and *n*-C₁₈-alkane/phytane were smaller than 0.6, confirming an already weathered state of all samples. Initial *n*-C₁₇-alkane/pristane and *n*-C₁₈-alkane/phytane of fresh middle distillates are normally between 1.5 and 2.5 (8).



b7103

1st

2nd

3rd

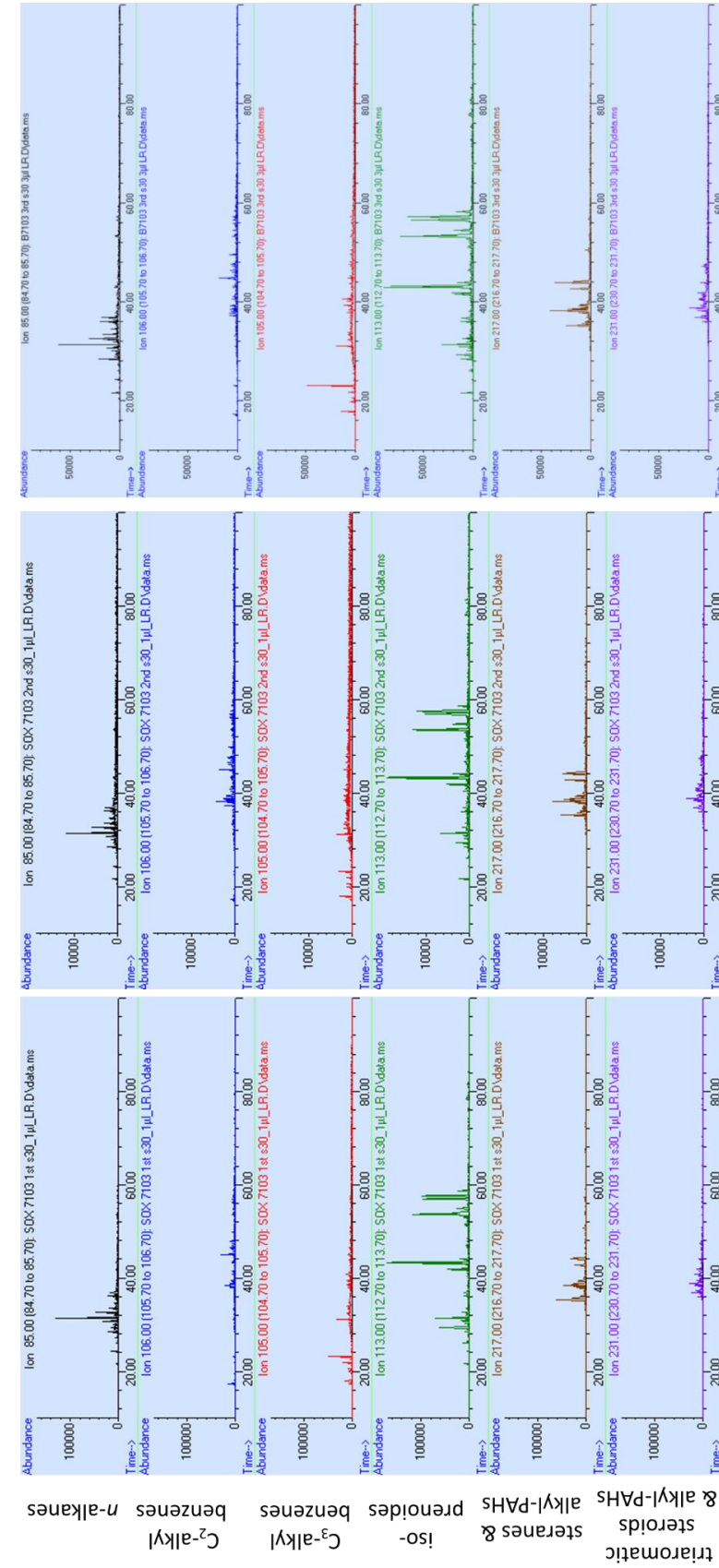


Figure 6 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of *n*-alkanes ($m/z - 85$), C_2 -alkylbenzenes ($m/z - 106$), C_3 -alkylbenzenes ($m/z - 105$), isoprenoides ($m/z - 113$), steranes including alkylated PAHs ($m/z - 217$) and triaromatic steroids including alkylated PAHs ($m/z - 231$) for the sampling point b7103 (without inoculation of microorganisms) taken from the pilotzone 2 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).



b71106

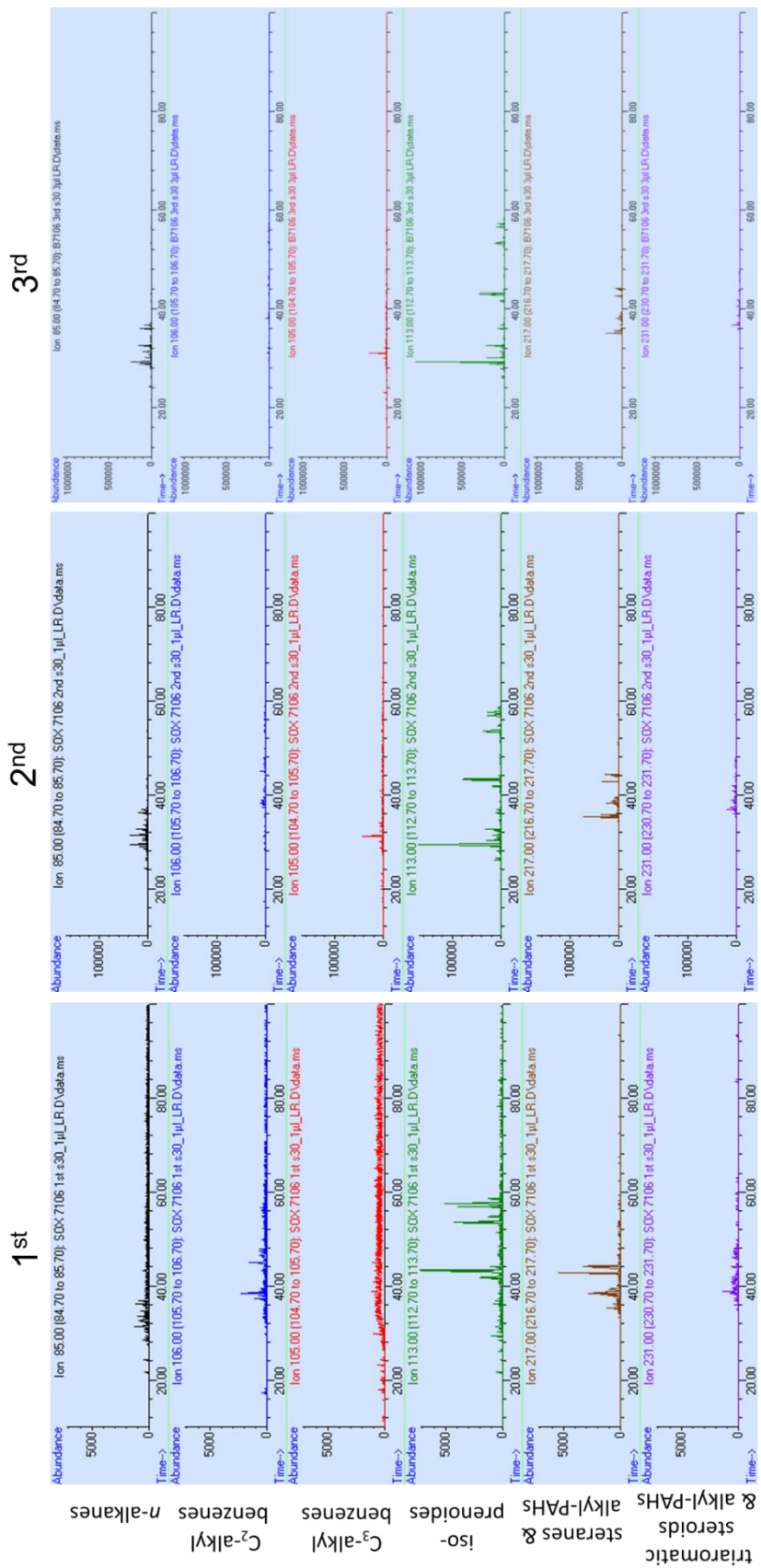


Figure 7 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of n-alkanes ($m/z - 85$), C₂-alkylbenzenes ($m/z - 106$), C₃-alkylbenzenes ($m/z - 105$), isoprenoides ($m/z - 113$), steranes including alkylated PAHs ($m/z - 217$) and triaromatic steroids including alkylated PAHs ($m/z - 231$) for the sampling point b71106 (without inoculation of microorganisms) taken from the pilotzone 2 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).



b7112

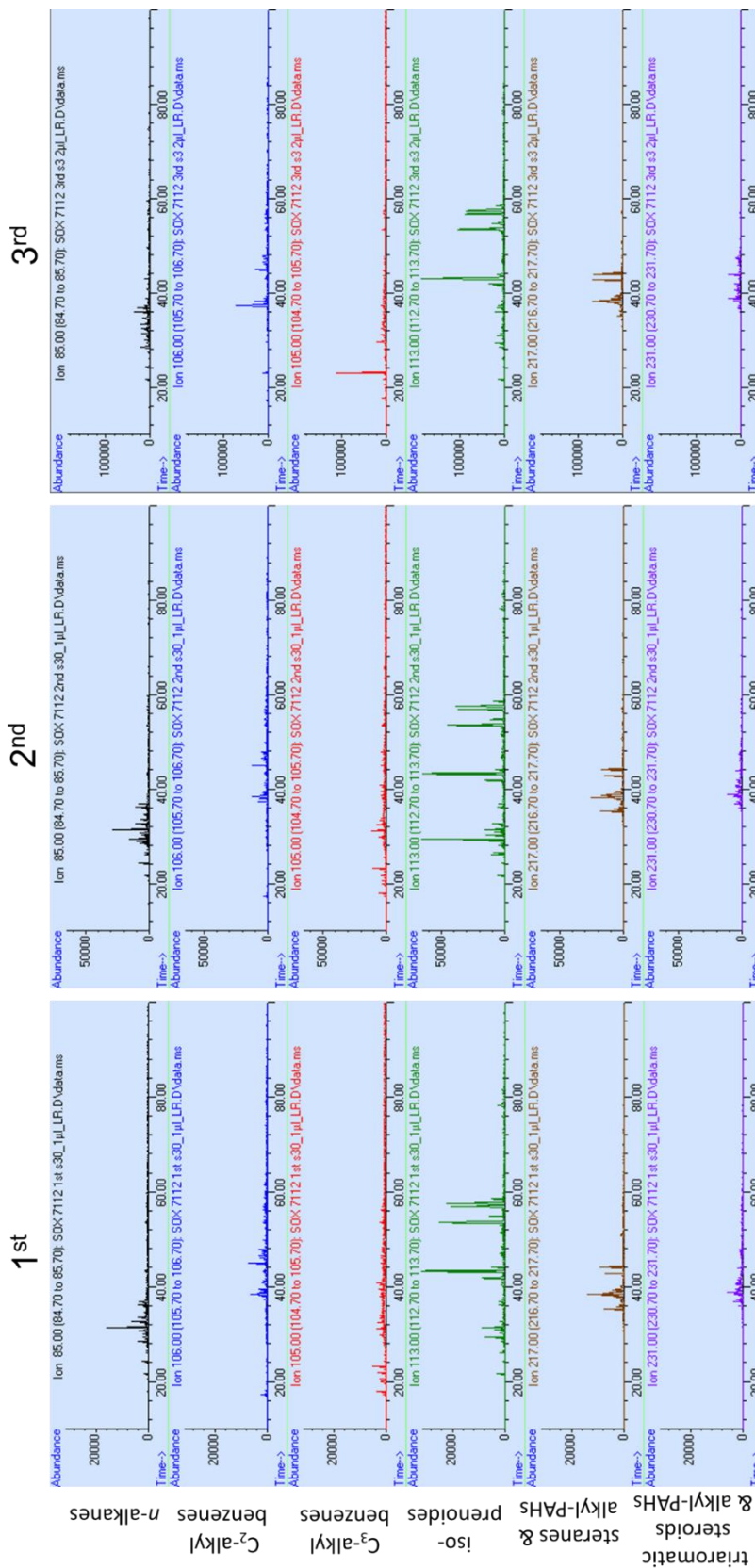


Figure 8 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of n-alkanes ($m/z - 85$), C₂-alkylbenzenes ($m/z - 106$), C₃-alkylbenzenes ($m/z - 105$), isoprenoides ($m/z - 113$), steranes including alkylated PAHs ($m/z - 217$) and triaromatic steroids including alkylated PAHs ($m/z - 231$) for the sampling point b7112 (with inoculation of microorganisms) taken from the pilotzone 2 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).



b7113

1st

2nd

3rd

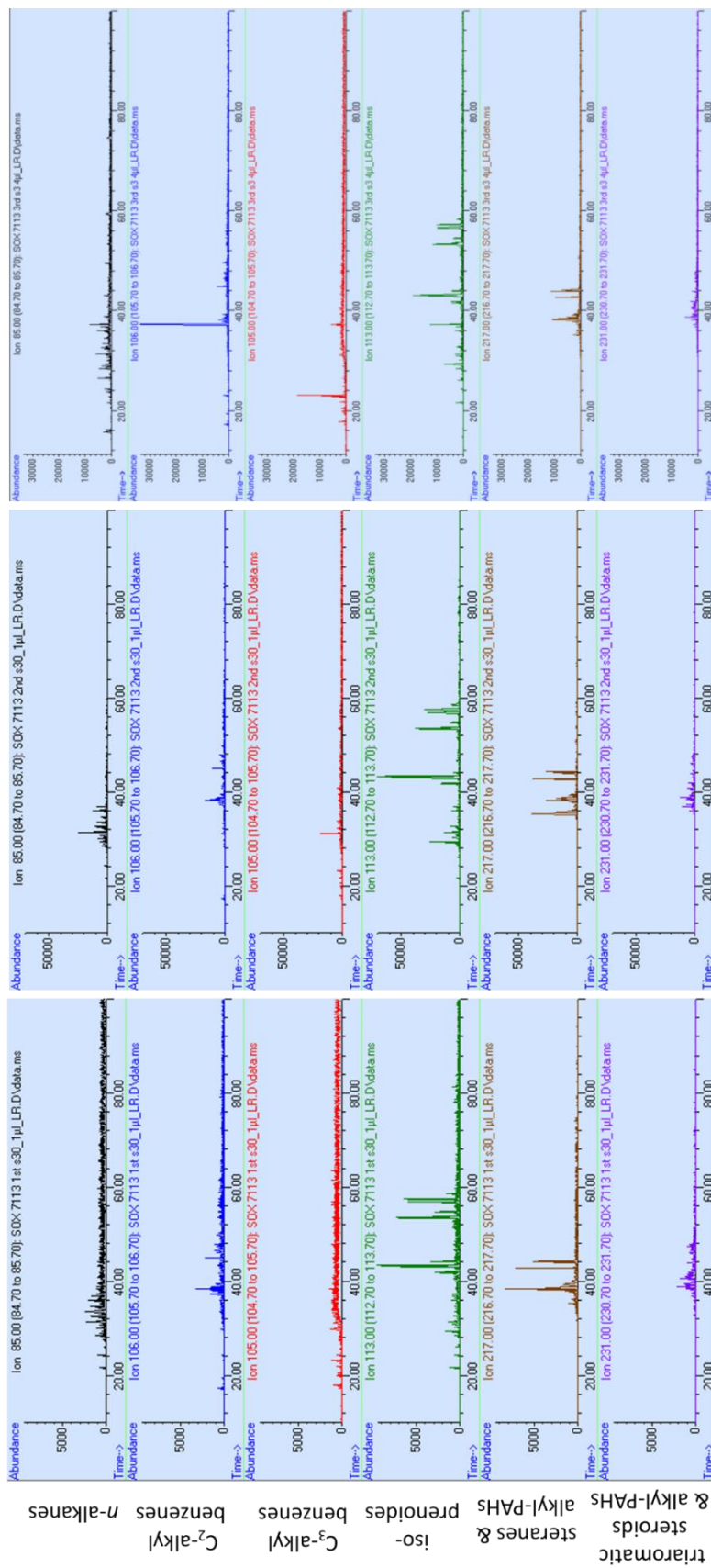


Figure 9 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of n-alkanes ($m/z - 85$), C_2 -alkylbenzenes ($m/z - 106$), C_3 -alkylbenzenes ($m/z - 105$), isoprenoides ($m/z - 113$), steranes including alkylated PAHs ($m/z - 217$) and triaromatic steroids including alkylated PAHs ($m/z - 231$) for the sampling point b7113 (with inoculation of microorganisms) taken from the pilotzone 2 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium). * = internal standard



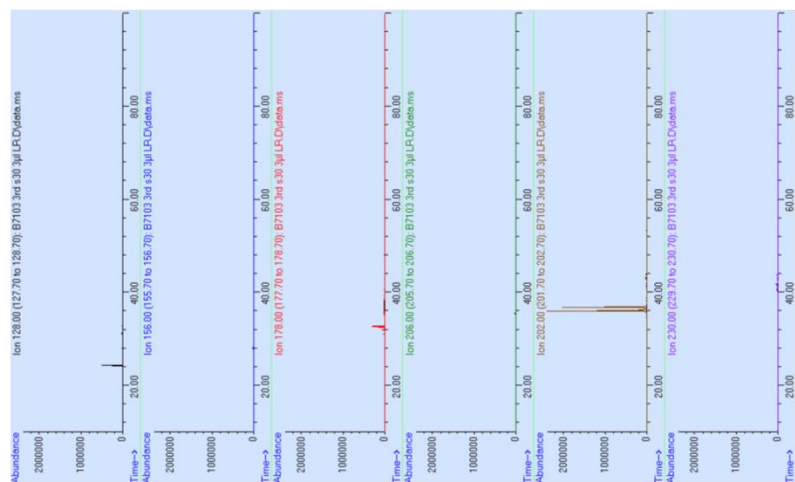
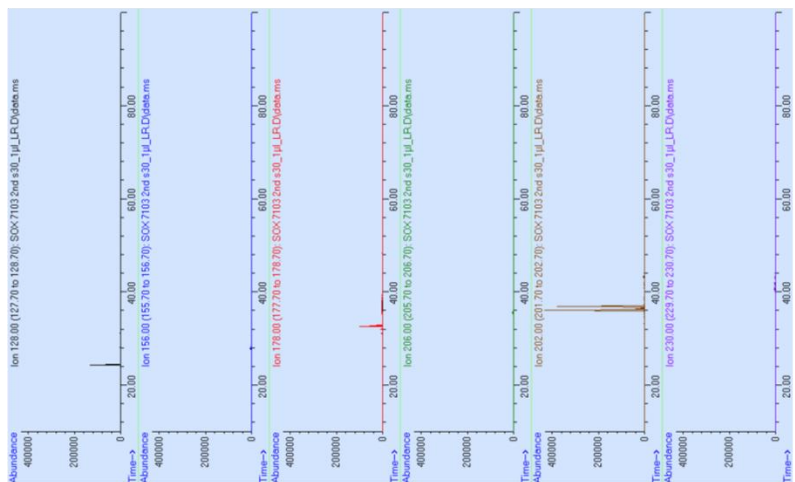
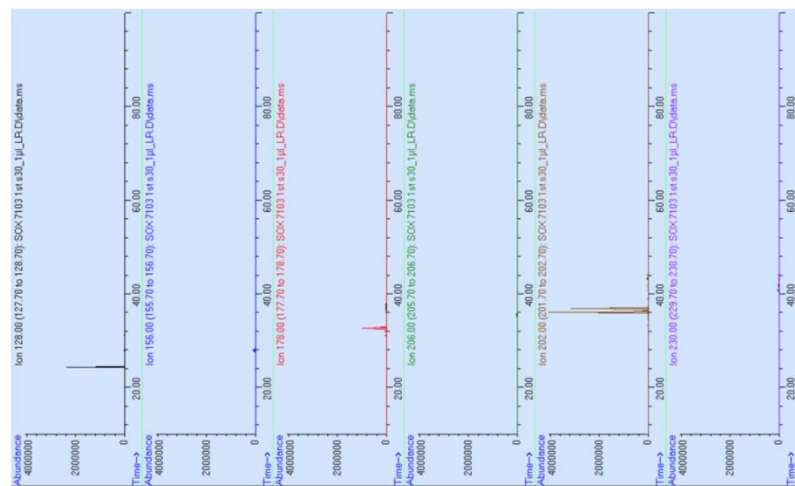
b7103

1st

2nd

3rd

C₂-Anthracenes/phenanthrenes
 Anthracene/naphthalene
 C₂-pyrenes/fluoranthene
 pyrene/fluoranthene
 C₂-pyrenes/fluoranthenes

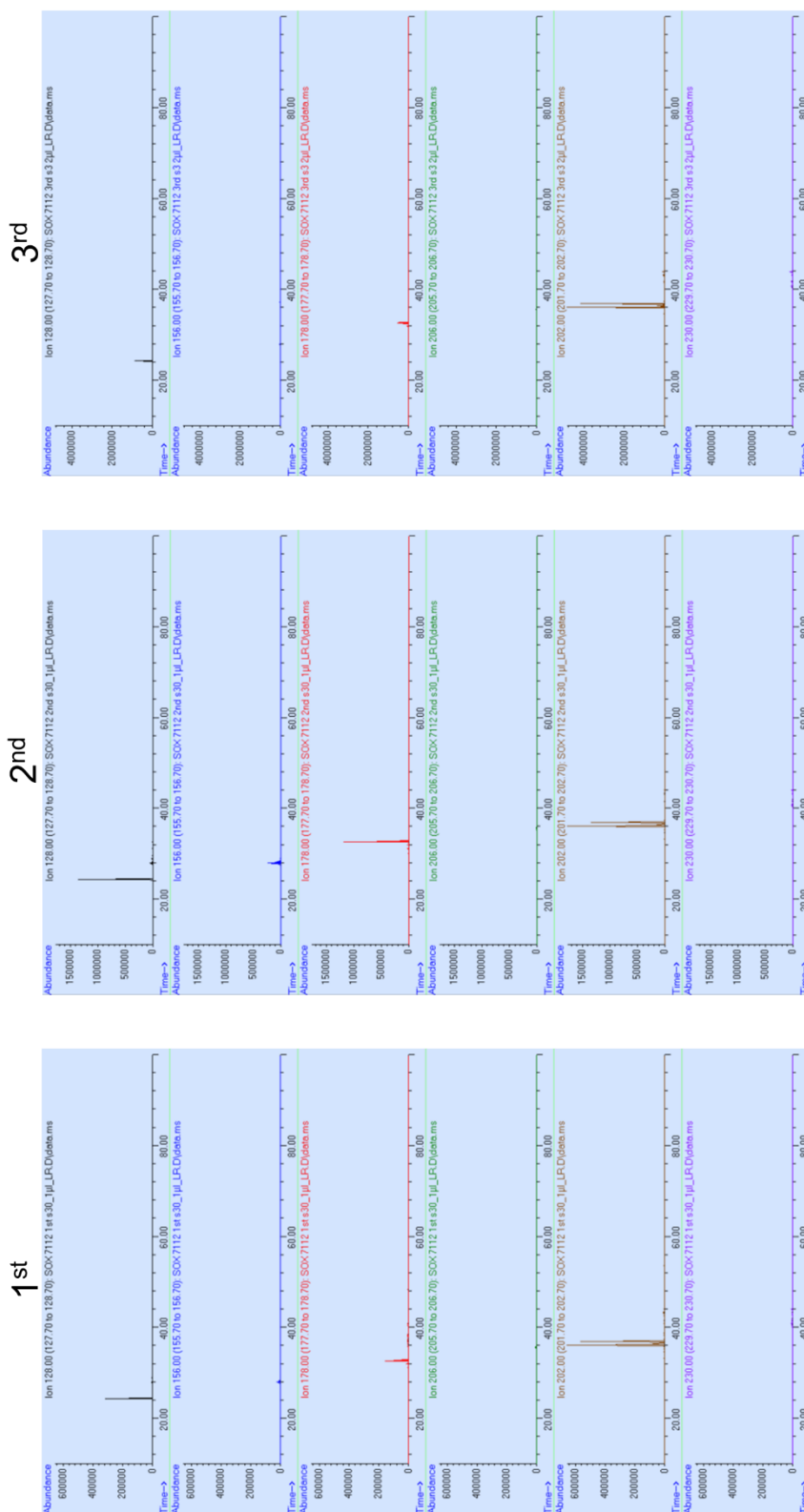


Decreasing biodegradability

Figure 10 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of naphthalene ($m/z - 128$), C₂-naphthalenes ($m/z - 156$), anthracene/phenanthrene ($m/z - 178$), C₂-anthracenes/phenanthrenes ($m/z - 206$), pyrene/fluoranthene ($m/z - 202$) and C₂-pyrenes/fluoranthenes ($m/z - 230$) for the sampling point b7103 (without inoculation of microorganisms) taken from the pilot zone2 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).



b7112



Decreasing biodegradability

C₂-Anthracenes/phenanthrenes
C₂-pyrenes/fluoranthenes
C₂-naphthalenes/phenanthrenes

Figure 12 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of naphthalene ($m/z - 128$), C₂-naphthalenes ($m/z - 156$), anthracene/phenanthrene ($m/z - 178$), C₂-anthracenes/phenanthrenes ($m/z - 206$), pyrene/fluoranthene ($m/z - 202$) and C₂-pyrenes/fluoranthenes ($m/z - 230$) for the sampling point b7112 (with inoculation of microorganisms) taken from the pilot zone 2 at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).

The values of naphthalene/(C₂-naphthalenes+C₃-naphthalenes) show no trend at b7103 (without inoculation of microorganisms), however, a decrease was observed at b7106 (without inoculation of microorganisms), confirming a trend of naphthalene degradation as shown by the SIM analysis. At b7112 (with inoculation of microorganisms), the highest value of naphthalene/(C₂-naphthalenes+C₃-naphthalenes) was determined at the 3rd sampling campaign. This can be attributed to subdivided distributions of hydrocarbons in the soil. Therefore, no indication for naphthalene degradation was observable for this sampling point. At b7113 (with inoculation of microorganisms), the values of naphthalene/(C₂-naphthalenes+C₃-naphthalenes) show no significant trend although a slight decrease of naphthalene was indicated by the SIM analysis.

Table 2 Diagnostic ratios (DR) determined for samples from the investigated sampling points at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium). Arrows indicate expected evolution due to biodegradation, n.d. – not determinable, * – pristane and/or phytane not or only in traces detectable. n.d.# - no C₂-anthracenes) + phenanthrenes + (C₃-anthracenes + phenanthrenes) detected

sample	sampling campaign	n-C ₁₇ -alkane/pristane ↓	n-C ₁₈ -alkane/phytane ↓	acenaphthene/fluorene ↑	dibenzofurane/fluorene ↑	naphthalene/(C ₂ -naphthalenes+C ₃ -naphthalenes) ↓	phenanthrene/anthracene ↓	anthracene + phenanthrene / ((C ₂ -anthracenes) + phenanthrenes + (C ₃ -anthracenes + phenanthrenes)) ↓	pyrene/C ₁ -pyrene ↓	chrysene/C ₁ -chrysene ↓
b7103 (without inoculation of microorganisms)	1 st	0.1	0.2	1.2	1.4	0.8	1.8	3.4	1.2	2.7
	2 nd	0.1	0.1	1.0	0.7	2.3	1.6	3.2	1.4	2.8
	3 rd	0.1	0.3	1.1	0.9	1.5	1.1	9.8	1.3	9.7
b7106 (without inoculation of microorganisms)	1 st	n.d.	n.d.	0.7	1.3	4.6	1.4	3.1	15.6	5.7
	2 nd	<0.1	n.d.*	2.0	1.6	0.2	7.0	68.0	2.4	5.4
	3 rd	<0.1	n.d.*	2.4	1.4	0.2	9.7	n.d.#	15.7	12.7
b7112 (with inoculation of microorganisms)	1 st	0.1	0.2	1.8	1.1	1.6	1.5	n.d.#	1.2	2.6
	2 nd	0.1	n.d.*	2.3	1.3	0.6	3.2	n.d.#	1.7	3.2
	3 rd	0.1	n.d.*	1.7	1.5	2.5	1.2	n.d.#	1.6	3.2
b7113 (with inoculation of microorganisms)	1 st	0.6	n.d.*	1.4	1.1	0.5	3.2	n.d.#	5.4	5.0
	2 nd	n.d.*	n.d.*	1.2	1.0	0.6	3.4	n.d.#	5.4	4.4
	3 rd	<0.1	n.d.*	1.0	1.1	0.6	0.7	n.d.#	1.4	1.1

No clear trend could be observed for phenanthrene/anthracene, pyrene/methylpyrene and chrysene/methylchrysene, neither in comparison of the sample to each other nor within the time frame of sampling. Only at b7113 a lower value was measured for each DR at the 3rd sampling point indicating a degradation trend of the non-substituted PAHs at this sampling point.

4 Summary

All samples showed a similar hydrocarbon pattern confirming the same source of contamination. This pattern was strongly characterized by PAHs. Due to the high fraction of non-substituted compared to alkylated PAHs, the evaluation of microorganism-assisted phytoremediation was to some degree limited. However, indications of naphthalene degradation was shown by GC/MS-screenings at b7106 (without inoculation of microorganisms) and b7113 (with inoculation of microorganisms). A clear effect with regard to the inoculation of the microorganisms could not be observed.

5 References

- (1) Filip Sanders, Lise Asscherickx, Hanne Van Geit, Pol De Potter; Onderzoekslocatie: Lisseweegse Steenweg 12, 8380 Brugge; Versie 1, 25 november 2021, Referentie 0000118807.
- (2) Stout, S. A.; Douglas, G. S.; Uhler, A. D.; Automotive gasoline. environmental forensics - contaminant specific guide, Morrison, R. D.; Murphy, B. L. (Ed.). 2007.
- (3) Kaplan, I. R.; Galperin, Y.; Lu, S.-T.; Lee, R.-P.; Forensic environmental Geochemistry: differentiation of fuel-types, their sources and release time. *Org. Geochem.* 1997, 27, 289-317.
- (4) Musat, F.; Galushko, A.; Jacob, J.; Widdel, F.; Kube, M.; Reinhardt, R.; Wilkes, H.; Schink, B.; Rabus, R.; Anaerobic degradation of naphthalene and 2-methylnaphthalene by strains of marine sulfate-reducing bacteria. *Environ. Microbiol.* 2009, 11, 209-219.
- (5) Wang, Z.; Fingas, M.; Blenkinsopp, S.; Sergy, G.; Landriault, M.; Sigouin, L.; Foght, J.; Semple, K.; Westlake, D. W. S.; Comparison of oil composition changes due to biodegradation and physical weathering in different oils. *J. Chromatogr. A* 1998, 809, 89-107.
- (6) Budzinski, H.; Raymond, N.; Nadalig, T.; Gilewicz, M.; Garrigues, P.; Bertrand, J. C.; Caumette, P.; Aerobic biodegradation of alkylated aromatic hydrocarbons by a bacterial community. *Org. Geochem.* 1998, 28, 337-348.
- (7) Wammer, K. H.; Peters, C. A.; Polycyclic aromatic hydrocarbon biodegradation rates: A structure-based study. *Environ. Sci. Technol.* 2005, 39, 2571-2578.
- (8) Christensen, L. B.; Larsen, T. H.; Method for determining the age of diesel oil spills in the soil. *GWMR* 1993, 13, 142-149.



Appendix

Identification of peaks detected by GC/MS-screening using mass-spectra comparison with the NIST data base

b7103 – 1st sampling

Header=	"PK"	"RT"	"Area Pct"	"Library/ID"	"Ref"	"CAS"	"Qual"
1=	1	8.3137	0.1103	"Benzene"	1000	"000071-43-2"	,91
2=	2	13.6341	0.0868	"Toluene"	2400	"000108-88-3"	,94
3=	3	15.8439	0.0512	"2-Hexanol, 2-methyl-"	8117	"000625-23-0"	,45
4=	4	17.3528	0.0409	"o-Xylene"	4952	"000095-47-6"	,95
5=	5	17.8851	0.1930	"1,3,5,7-Cyclooctatetraene"	4756	"000629-20-9"	,96
6=	6	20.5461	0.1242	"Benzene, 1-ethenyl-3-methyl-"	8700	"000100-80-1"	,95
7=	7	20.6367	0.0543	"Benzene, 1-ethenyl-3-methyl-"	8700	"000100-80-1"	,96
8=	8	21.6658	0.2789	"Benzene, 1-propynyl-"	8172	"000673-32-5"	,97
9=	9	21.7816	0.0256	"Acetophenone"	9075	"000098-86-2"	,76
10=	10	22.6297	0.0280	"Benzene, (2-methyl-1-propenyl)-"	13616	"000768-49-0"	,96
11=	11	23.1215	0.0406	"Benzenemethanethiol, .alpha.-methyl-"	16857	"006263-65-6"	,90
12=	12	23.2112	0.0166	"Benzene, 1-ethenyl-3,5-dimethyl-"	13629	"005379-20-4"	,96
13=	13	23.7145	0.0182	"1H-Indene, 1-methyl-"	12686	"000767-59-9"	,96
14=	14	23.8393	0.0275	"Benzene, 1-butyryl-"	12681	"000622-76-4"	,93
15=	15	24.3558	1.4703	"Naphthalene"	11578	"000091-20-3"	,97
16=	16	24.4455	0.0561	"Cyclopenta[b]thiapyran"	14781	"000271-17-0"	,95
17=	17	24.8402	0.0189	"Benzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl-"	14394	"000874-41-9"	,76
18=	18	25.6027	0.0402	"1H-Inden-1-one, 2,3-dihydro-"	14082	"000083-33-0"	,97
19=	19	25.6838	0.0237	"Indole"	8324	"000120-72-9"	,95
20=	20	26.0717	0.0569	"Cyclopropanecarbonyl chloride, 2-phenyl-, trans-"	42864	"000939-87-7"	,72
21=	21	26.1740	0.3950	"Naphthalene, 2-methyl-"	18568	"000091-57-6"	,96
22=	22	26.4390	0.1564	"Naphthalene, 2-methyl-"	18568	"000091-57-6"	,96
23=	23	27.3101	0.1427	"Biphenyl"	25988	"000092-52-4"	,96
24=	24	27.6302	0.1065	"Naphthalene, 1-ethyl-"	27277	"001127-76-0"	,95
25=	25	27.8086	0.2315	"Naphthalene, 2,6-dimethyl-"	27302	"000581-42-0"	,98
26=	26	28.0136	0.1678	"Naphthalene, 2,3-dimethyl-"	27283	"000581-40-8"	,97
27=	27	28.0752	0.0897	"Naphthalene, 1,8-dimethyl-"	27305	"000569-41-5"	,96
28=	28	28.1001	0.1046	"Naphthalene, 2-ethenyl-"	25997	"000827-54-3"	,96
29=	29	28.3122	0.0918	"Naphthalene, 1,4-dimethyl-"	27312	"000571-58-4"	,96
30=	30	28.4659	0.9694	"Biphenylene"	24424	"000259-79-0"	,95
31=	31	28.7540	0.0623	"1,1'-Biphenyl, 4-methyl-"	35117	"000644-08-6"	,95
32=	32	28.7973	0.0285	"1,1'-Biphenyl, 2-ethyl-"	44668	"001812-51-7"	,90
33=	33	28.8724	0.0515	"tert-Hexadecanethiol"	97551	"025360-09-2"	,45
34=	34	28.9362	0.6592	"Acenaphthene"	25995	"000083-32-9"	,90
35=	35	29.0103	0.0401	"2-Naphthalenecarboxaldehyde"	27272	"000066-99-9"	,49
36=	36	29.1449	0.1289	"Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-"	36491	"002131-42-2"	,91
37=	37	29.2804	0.0738	"1-Isopropenyl-naphthalene"	35108	"001855-47-6"	,45
38=	38	29.3572	0.7346	"Dibenzofuran"	35097	"000132-64-9"	,81
39=	39	29.4369	0.0929	"Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-"	36488	"000829-26-5"	,97
40=	40	29.5219	0.1256	"Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-"	36486	"002245-38-7"	,97
41=	41	29.6178	0.1079	"Naphthalene, 2-(1-methylethenyl)-"	35122	"003710-23-4"	,60
42=	42	29.7233	0.1603	"3-(2-Methyl-propenyl)-1H-indene"	36493	"1000187-78-5"	,96
43=	43	29.7908	0.1069	"Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-"	36488	"000829-26-5"	,96
44=	44	30.0050	0.2712	"Fluorene-9-methanol"	54463	"024324-17-2"	,60
45=	45	30.1126	0.2123	"Benzene, 1,1'-methylenebis[4-methyl-"	54585	"004957-14-6"	,90
46=	46	30.1757	0.0682	"Fluorene"	33581	"000086-73-7"	,55



47=, 47, 30.2321, 0.5296, "Fluorene", 33582, "000086-73-7", 96
 48=, 48, 30.3855, 0.1748, "Benzene, [1-(2,4-cyclopentadien-1-ylidene)ethyl]-", 35123, "002320-32-3", 52
 49=, 49, 30.4885, 0.1523, "11H-Dibenzo[c,f][1,2]diazepine", 52793, "000256-91-7", 91
 50=, 50, 30.5975, 0.2815, "Fluorene", 33581, "000086-73-7", 64
 51=, 51, 30.6716, 0.2394, "9H-Fluoren-9-ol", 44602, "001689-64-1", 93
 52=, 52, 30.7555, 0.2695, "Pentadecane, 2,6,10-trimethyl-", 94947, "003892-00-0", 90
 53=, 53, 30.8610, 0.3423, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 96
 54=, 54, 30.9955, 0.3769, "1(2H)-Acenaphthylenone", 35099, "002235-15-6", 86
 55=, 55, 31.0801, 0.0869, "Anthracene, 1,2,3,4-tetrahydro-9-propyl-", 74550, "101580-33-0", 86
 56=, 56, 31.1573, 0.6774, "2-(p-Tolylmethyl)-p-xylene", 64473, "000721-45-9", 80
 57=, 57, 31.2448, 0.1110, "Benzene, 2,6-dimethyl-1-(phenylmethyl)-", 54590, "028122-29-4", 60
 58=, 58, 31.3219, 0.2444, "Naphthalene, 2-methyl-1-propyl-", 46184, "054774-89-9", 53
 59=, 59, 31.4338, 0.6839, "Pentadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-", 104288, "001921-70-6", 98
 60=, 60, 31.5213, 0.2137, "Benzene, 1,1'-(2-methyl-1-propenylidene)bis-", 63110, "000781-33-9", 52
 61=, 61, 31.6402, 0.1762, "9H-Fluorene, 1-methyl-", 43232, "001730-37-6", 90
 62=, 62, 31.7375, 0.1504, "Phenol, 3-(2-phenylethenyl)-, (E)-", 54491, "017861-18-6", 62
 63=, 63, 31.8626, 0.1129, "2-Octenal, 2-butyl-", 44528, "013019-16-4", 45
 64=, 64, 31.9007, 0.0817, "3,5-Dimethoxybenzamide", 44092, "017213-58-0", 43
 65=, 65, 32.0098, 0.8754, "9H-Fluoren-9-one", 43218, "000486-25-9", 96
 66=, 66, 32.0731, 0.1761, "8-Dimethylaminonaphthalene-1-carbonitrile", 54414, "128644-69-9", 64
 67=, 67, 32.1433, 0.1565, "2-[3-(tert-Butyl)-bicyclo[1.1.1]pent-1-yl]-naphthalen", 92247, "245508-02-5", 93
 68=, 68, 32.2077, 0.1358, "1,4-Benzenediol, 2,5-bis(1,1-dimethylethyl)-", 72748, "000088-58-4", 47
 69=, 69, 32.3096, 0.5663, "Dibenzothiophene", 46034, "000132-65-0", 87
 70=, 70, 32.4179, 0.2473, "Methoxyacetic acid, tridecyl ester", 106877, "1000281-82-0", 27
 71=, 71, 32.6356, 1.2128, "Phenanthrene", 41763, "000085-01-8", 97
 72=, 72, 32.7628, 0.6756, "Phenanthrene", 41767, "000085-01-8", 95
 73=, 73, 32.9210, 0.2141, "Benzenepropanenitrile, .beta.-phenyl-", 62244, "002286-54-6", 70
 74=, 74, 32.9958, 0.2886, "Benzene, 1-methoxy-3-(2-phenylethenyl)-", 64441, "015638-11-6", 52
 75=, 75, 33.1055, 0.2335, "Indene", 8168, "000095-13-6", 42
 76=, 76, 33.2108, 0.3927, "1,2-Benzenediol, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-", 72749, "001020-31-1", 50
 77=, 77, 33.3019, 0.1916, "Naphthalene, 1-phenyl-", 60120, "000605-02-7", 50
 78=, 78, 33.3394, 0.2413, "1,2-Acenaphthylenedione", 44590, "000082-86-0", 86
 79=, 79, 33.4093, 0.2476, "Pyrido[2,3-d]pyrimidine, 4-phenyl-", 62205, "028732-75-4", 25
 80=, 80, 33.4807, 0.2187, "Eicosane", 113492, "000112-95-8", 90
 81=, 81, 33.5286, 0.3565, "1,2,3,4-Tetrahydrobenzo[a]fluorene", 71518, "006567-09-5", 91
 82=, 82, 33.6773, 0.1846, "Dibenzothiophene, 4-methyl-", 55840, "007372-88-5", 56
 83=, 83, 33.7836, 0.3499, "Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester", 121708, "003555-45-1", 46
 84=, 84, 33.9132, 0.3410, "Phenanthrene, 1-methyl-", 51414, "000832-69-9", 96
 85=, 85, 33.9904, 0.3387, "Phenanthrene, 1-methyl-", 51414, "000832-69-9", 97
 86=, 86, 34.1167, 0.3103, "Anthracene, 1-methyl-", 51401, "000610-48-0", 96
 87=, 87, 34.2460, 0.6062, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50049, "000203-64-5", 94
 88=, 88, 34.3903, 0.3728, "Pyrido[2,3-d]pyrimidine, 4-phenyl-", 62205, "028732-75-4", 35
 89=, 89, 34.5017, 0.2260, "1H-Isoindole-1,3(2H)-dione, 2-butyl-4,5,6,7-tetrahydro-", 62146, "054934-85-9", 46
 90=, 90, 34.6158, 0.3072, "9H-Fluoren-9-one", 43215, "000486-25-9", 95
 91=, 91, 34.6628, 0.5616, "2-Phenylnaphthalene", 60107, "035465-71-5", 70
 92=, 92, 35.0113, 0.2232, "9,10-Methanoanthracen-11-ol, 9,10-dihydro-9,10,11-trimethyl-", 92233, "126615-74-5", 46
 93=, 93, 35.1127, 0.2136, "Acridine-9-carbaldehyde", 62218, "1000318-45-4", 30
 94=, 94, 35.2499, 0.6307, "1,8-Naphthalic anhydride", 55793, "000081-84-5", 91
 95=, 95, 35.3721, 0.2414, "Phenanthrene, 3,6-dimethyl-", 61603, "001576-67-6", 86
 96=, 96, 35.4328, 0.1812, "Phenanthrene, 3,6-dimethyl-", 61603, "001576-67-6", 95
 97=, 97, 35.6222, 0.5082, "di-p-Tolylacetylene", 61575, "002789-88-0", 89
 98=, 98, 35.7305, 0.5614, "Cyclopenta(def)phenanthrenone", 60105, "005737-13-3", 70
 99=, 99, 35.7962, 0.1317, "Phenanthrene, 3,6-dimethyl-", 61603, "001576-67-6", 80



100=,100, 35.9388, 0.5266, "Propanoic acid, 2-methyl-, 3-phenyl-2-propenyl ester", 59693, "000103-59-3", 38
 101=,101, 36.1011, 4.2513, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 98
 102=,102, 36.2024, 0.3319, "7b-Phenyl-2a,7b-dihydro-3H-cyclobuta[a]indene", 70038, "138089-70-0", 80
 103=,103, 36.4145, 0.8208, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 94
 104=,104, 36.6305, 0.6324, "1,10-Phenanthroline, 2,9-dimethyl-", 62927, "000484-11-7", 70
 105=,105, 36.7867, 0.1845, "2-(Acetoxymethyl)-3-(methoxycarbonyl)biphenylene", 113217, "093103-70-9", 35
 106=,106, 36.9167, 4.0099, "Pyrene", 58555, "000129-00-0", 95
 107=,107, 37.0171, 0.2850, "9-Anthracenemethanol, .alpha.-(trifluoromethyl)-", 109386, "065487-67-4", 55
 108=,108, 37.1344, 0.3964, "Benzo[k]xanthene", 69996, "000200-23-7", 92
 109=,109, 37.3871, 0.9861, "9-Cyanophenanthrene", 59095, "002510-55-6", 91
 110=,110, 37.5778, 0.2882, "2-Anthracenyloxirane", 71467, "052643-86-4", 46
 111=,111, 37.7809, 0.3690, "Benzo[k]xanthene", 69996, "000200-23-7", 92
 112=,112, 37.9057, 0.7311, "Pyrene, 1-methyl-", 68692, "002381-21-7", 96
 113=,113, 38.1227, 0.2218, "Anthracene, 1,4-diethyl-1,4-dihydro-", 82670, "126694-84-6", 64
 114=,114, 38.3012, 1.3185, "Fluoranthene, 2-methyl-", 68702, "033543-31-6", 97
 115=,115, 38.5844, 0.6613, "Fluoranthene, 2-methyl-", 68702, "033543-31-6", 93
 116=,116, 38.8393, 0.8366, "Pyrene, 2-methyl-", 68687, "003442-78-2", 94
 117=,117, 39.1468, 0.2142, "8,9,10,11-Tetrahydrobenz[a]anthracene", 80038, "067064-62-4", 55
 118=,118, 39.2897, 0.3911, "Pyrene, 1-methyl-", 68689, "002381-21-7", 93
 119=,119, 39.4398, 0.5902, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 92
 120=,120, 40.0338, 0.1835, "4-Dehydroxy-N-(4,5-methylenedioxy-2-nitrobenzylidene)tyramine", 123317, "1000111-66-9", 38
 121=,121, 40.3223, 0.3593, "2-Amino-6,7-dimethyl-5,6,7,8-tetrahydro-4-pteridinol", 53760, "1000239-36-2", 51
 122=,122, 40.4582, 0.1794, "Pyrene, 1,3-dimethyl-", 78799, "064401-21-4", 83
 123=,123, 40.5089, 0.1971, "Pyrene, 1,3-dimethyl-", 78799, "064401-21-4", 86
 124=,124, 40.7993, 0.6406, "11H-Benzo[a]fluoren-11-one", 78768, "000479-79-8", 95
 125=,125, 41.1262, 0.3332, "Pyrene, 1,3-dimethyl-", 78799, "064401-21-4", 95
 126=,126, 41.3572, 0.2394, "3,6-Dichloro-4-[4-methylpiperazin-1-yl]pyridazine", 89574, "1000255-94-7", 81
 127=,127, 41.4184, 0.1434, "7H-Benz[de]anthracen-7-one", 78771, "000082-05-3", 55
 128=,128, 41.5865, 0.8855, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 98
 129=,129, 41.7318, 0.5811, "Benzo[c]phenanthrene", 77469, "000195-19-7", 92
 130=,130, 41.9727, 0.8646, "Benzo[ghi]fluoranthene", 76134, "000203-12-3", 76
 131=,131, 42.0957, 0.3153, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 91
 132=,132, 42.6123, 0.6171, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 98
 133=,133, 42.8735, 0.3890, "Benzo(a)acridine", 78022, "000225-11-6", 92
 134=,134, 43.1755, 3.3000, "Triphenylene", 77462, "000217-59-4", 97
 135=,135, 43.4092, 3.6369, "Triphenylene", 77462, "000217-59-4", 98
 136=,136, 43.6821, 0.2632, "Benz[b]-1,4-oxazepine-4(5H)-thione, 2,3-dihydro-2,8-dimethyl-", 62043, "1000258-63-4", 38
 137=,137, 44.1133, 0.7071, "Triphenylene", 77463, "000217-59-4", 86
 138=,138, 44.6422, 0.2601, "Benzo[b]naphtho[2,3-d]thiophene, 8-methyl-", 90799, "024964-07-6", 64
 139=,139, 44.7439, 0.0380, "4-Dehydroxy-N-(4,5-methylenedioxy-2-nitrobenzylidene)tyramine", 123317, "1000111-66-9", 38
 140=,140, 45.0617, 0.4196, "Naphtho[2,1,8,7-klmn]xanthene", 86885, "000191-37-7", 95
 141=,141, 45.2283, 0.1574, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 55
 142=,142, 45.4291, 0.2036, "2-(Acetoxymethyl)-3-(methoxycarbonyl)biphenylene", 113217, "093103-70-9", 45
 143=,143, 45.6271, 0.1514, "Dibenzo(b,def)carbazole", 86098, "104313-09-9", 46
 144=,144, 46.1949, 0.3445, "2-(5-Thiophen-2-yl-1H-pyrazol-3-yl)-phenol", 86406, "1000301-11-6", 35
 145=,145, 46.2782, 0.3387, "Chrysene, 1-methyl-", 86907, "003351-28-8", 64
 146=,146, 46.6176, 0.5776, "Chrysene, 1-methyl-", 86909, "003351-28-8", 98
 147=,147, 46.9017, 0.3258, "Chrysene, 2-methyl-", 86904, "003351-32-4", 95
 148=,148, 47.1396, 0.1178, "Benzene, 1-ethenyl-4-methyl-", 8701, "000622-97-9", 42
 149=,149, 47.2673, 0.1418, "2,2'-Binaphthalene", 94960, "000612-78-2", 60



150=,150, 47.4421, 0.1947, "Benz[a]anthracene, 1,2,3,4,7,7a,8,9,10,11,11a,12-dodecahydro-", 85557,"016452-37-2",90

151=,151, 47.8241, 0.4725, "Cyclohexane, hexaethylidene-", 85536,"001482-93-5",91

152=,152, 47.9234, 0.1587, "Benz[a]anthracene, 1,2,3,4,7,7a,8,9,10,11,11a,12-dodecahydro-", 85557,"016452-37-2",90

153=,153, 48.3716, 0.5466, "9-Anthracenamine, 9,10-dihydro-", 53655,"097825-91-7",30

154=,154, 49.0129, 0.1882, "2-Ethylacridine", 62222,"055751-83-2",51

155=,155, 49.3875, 0.0745, "1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene", 72520,"017151-09-6",50

156=,156, 49.6796, 0.0530, "Dibenzo(b,def)carbazole", 86098,"104313-09-9",27

157=,157, 49.8712, 0.0877, "Bicyclo[4.1.0]hepta-1,3,5-triene, 2,5-diphenyl-", 86940,"052750-12-6",42

158=,158, 50.8036, 0.2376, "Anthracene, 9,10-dihydro-9,9,10-trimethyl-", 73092,"014923-29-6",55

159=,159, 51.3047, 0.2322, "Fluorene, 9-(2-pyridinyl)methylene-", 95528,"002871-27-4",38

160=,160, 51.6019, 0.2819, "Triamterene", 93802,"000396-01-0",49

161=,161, 52.2104, 0.2129, "2-Ethylacridine", 62222,"055751-83-2",44

162=,162, 52.6228, 0.2332, "Indole, 3-(4-nitrophenylamino)-", 93928,"167954-19-0",46

163=,163, 53.0274, 0.2435, "2,6-(Etheno[1,4]benzenoetheno)naphthalene", 94976,"117054-70-3",47

164=,164, 53.6447, 6.9033, "Benzo[e]pyrene", 93577,"000192-97-2",99

165=,165, 53.8658, 2.1578, "Benzo[e]pyrene", 93577,"000192-97-2",99

166=,166, 54.8554, 1.1169, "Benzo[k]fluoranthene", 93584,"000207-08-9",98

167=,167, 55.5254, 0.2536, "Benzene, 1-ethenyl-4-methyl-", 8702,"000622-97-9",35

168=,168, 55.8287, 0.1400, "2-Ethylacridine", 62222,"055751-83-2",47

169=,169, 56.2381, 0.4076, "Benzo(a)pyrene 4,5-oxide",104289,"037574-47-3",42

170=,170, 56.9623, 3.8983, "Benzo[k]fluoranthene", 93584,"000207-08-9",96

171=,171, 57.6260, 4.0208, "Benzo[k]fluoranthene", 93584,"000207-08-9",99

172=,172, 58.6589, 1.4558, "Perylene", 93575,"000198-55-0",99

173=,173, 58.9022, 0.2066, "Acenaphthylene, 5-bromo-1,2-dihydro-", 79699,"002051-98-1",35

174=,174, 59.8743, 0.3974, "Benz[j]aceanthrylene, 3-methyl-",102892,"003343-10-0",91

175=,175, 61.3322, 0.1701, "11H-Indeno[2,1-a]phenanthrene",102891,"000220-97-3",90

176=,176, 61.5941, 0.2824, "11H-Indeno[2,1-a]phenanthrene",102891,"000220-97-3",92

177=,177, 62.5514, 0.0094, "Tricyclo[4.4.0.0(2,5)]dec-8-ene, 1,2,3,3,4,4,5,6-octafluoro-",110208,"077549-74-7",53

178=,178, 63.3450, 0.2441, "Benz[j]aceanthrylene, 3-methyl-",102892,"003343-10-0",83

179=,179, 63.6787, 0.1738, "Ethanone, 1-(2-furyl)-2-(2,3-dihydro-1,3,3-trimethyl-2-indolenylideno)-",103401,"064473-19-4",56

180=,180, 64.0343, 0.1311, "Chromium, cyclopentadienyl-4a,4b,,9,9a,9b,10-.eta.6-phenanthrene",121589,"1000159-01-3",22

181=,181, 65.8938, 0.4330, "6-Bromo-1,2,3,4(9H)-tetrahydrocarbazol-1-one",100409,"1000311-36-9",37

182=,182, 70.4433, 0.1658, "Dinaphtho[2,1-b:1',2'-d]thiophene",114950,"000194-65-0",50

183=,183, 71.9079, 0.1162, "Benzoxazole, 2-[2-(4-piperidyl)pyrimid-5-yl]-",111759,"1000294-14-8",64

184=,184, 72.6033, 0.4229, "Trimethyl[4-(1,1,3,3,-tetramethylbutyl)phenoxy]silane",110723,"078721-87-6",35

185=,185, 73.3214, 0.5578, "3H-Perylo[1,12-b,c,d]pyran",112119,"1000281-21-7",50

186=,186, 74.1788, 0.4164, "Dinaphtho[1,2-b:1',2'-d]thiophene",114948,"000207-94-3",68

187=,187, 75.2898, 0.1466, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243,"000605-67-4",38

188=,188, 76.3638, 1.4098, "Indeno[1,2,3-cd]pyrene",109677,"000193-39-5",95

189=,189, 78.4378, 3.8910, "Benzo[ghi]perylene",109673,"000191-24-2",98

190=,190, 78.8301, 0.9195, "1,2:7,8-Dibenzophenanthrene",110885,"000213-46-7",98

191=,191, 79.6678, 0.2528, "Naphtho[1,2-a]anthracene",110880,"000195-06-2",95

192=,192, 80.8844, 0.7874, "1,2:7,8-Dibenzophenanthrene",110884,"000213-46-7",96

193=,193, 81.5905, 0.9045, "1,2:7,8-Dibenzophenanthrene",110885,"000213-46-7",95

194=,194, 84.1775, 3.2426, "Benzo[ghi]perylene",109676,"000191-24-2",98

195=,195, 87.1284, 0.4227, "Indeno[1,2,3-cd]pyrene",109678,"000193-39-5",96



b7103 – 2nd sampling

Header=,"PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"
 1=, 1, 8.8025, 0.2925,"Benzene, fluoro-", 2724,"000462-06-6",81
 2=, 2, 17.8756, 0.4562,"Styrene", 4752,"000100-42-5",97
 3=, 3, 20.5370, 0.3192,"Benzene, 1-ethenyl-3-methyl-", 8697,"000100-80-1",94
 4=, 4, 20.6275, 0.1332,"Benzene, 2-propenyl-", 8682,"000300-57-2",93
 5=, 5, 21.6557, 0.8016,"Benzene, 1-propynyl-", 8172,"000673-32-5",97
 6=, 6, 22.6202, 0.0682,"Benzene, 1-ethenyl-3,5-dimethyl-", 13629,"005379-20-4",96
 7=, 7, 24.3442, 1.0428,"Naphthalene", 11578,"000091-20-3",97
 8=, 8, 26.0606, 0.0844,"Cyclopropanecarbonyl chloride, 2-phenyl-, trans-", 42864,"000939-87-7",59
 9=, 9, 26.1644, 0.3541,"Naphthalene, 2-methyl-", 18568,"000091-57-6",97
 10=, 10, 26.4286, 0.1426,"Naphthalene, 1-methyl-", 18564,"000090-12-0",93
 11=, 11, 26.5575, 0.0789,"Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-",179152,"000540-97-6",86
 12=, 12, 27.3009, 0.1550,"Biphenyl", 25988,"000092-52-4",96
 13=, 13, 27.6207, 0.1357,"Naphthalene, 1-ethyl-", 27281,"001127-76-0",70
 14=, 14, 27.7986, 0.2030,"Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27286,"000581-42-0",95
 15=, 15, 28.0030, 0.1652,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",97
 16=, 16, 28.0927, 0.2785,"Naphthalene, 2-ethenyl-", 25997,"000827-54-3",92
 17=, 17, 28.4546, 1.7110,"Biphenylene", 24424,"000259-79-0",93
 18=, 18, 28.9252, 0.7437,"Acenaphthene", 25993,"000083-32-9",95
 19=, 19, 29.3459, 0.5129,"Dibenzofuran", 35097,"000132-64-9",81
 20=, 20, 29.5136, 0.0864,"Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482,"002131-42-2",95
 21=, 21, 29.7105, 0.1842,"Diethyl Phthalate", 72415,"000084-66-2",49
 22=, 22, 29.9935, 0.2278,"Methanamine, N-(diphenylethenylidene)-", 62245,"013911-54-1",46
 23=, 23, 30.0660, 0.0701,"4,4'-Dimethylbiphenyl", 44664,"000613-33-2",43
 24=, 24, 30.1045, 0.1068,"Benzene, 1,2-dimethyl-4-(phenylmethyl)-", 54593,"013540-56-2",68
 25=, 25, 30.2209, 0.7185,"Fluorene", 33582,"000086-73-7",94
 26=, 26, 30.6607, 0.1982,"Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605,"007320-53-8",70
 27=, 27, 30.7469, 0.1851,"Eicosane, 2-methyl-",122440,"001560-84-5",18
 28=, 28, 30.8512, 0.2110,"9H-Fluoren-9-ol", 44602,"001689-64-1",70
 29=, 29, 30.9871, 0.2822,"1(2H)-Acenaphthylene", 35099,"002235-15-6",64
 30=, 30, 31.1458, 0.7335,"Stilbene, 4-amino- (E)-", 53641,"004309-66-4",59
 31=, 31, 31.2951, 0.1251,"2-Ethylacridine", 62222,"055751-83-2",49
 32=, 32, 31.4228, 0.6345,"Pentadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-",104288,"001921-70-6",96
 33=, 33, 31.5077, 0.1173,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",53
 34=, 34, 31.7322, 0.0843,"Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243,"000605-67-4",55
 35=, 35, 31.9592, 0.1626,"1-Benzopyrylium, 2-phenyl-", 62220,"014051-53-7",38
 36=, 36, 32.0000, 0.5432,"9H-Fluoren-9-one", 43218,"000486-25-9",90
 37=, 37, 32.2573, 0.1941,"2-Ethylacridine", 62222,"055751-83-2",46
 38=, 38, 32.2988, 0.3235,"Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester",121708,"003555-45-1",50
 39=, 39, 32.4072, 0.1085,"Methyltris(trimethylsiloxy)silane",130466,"017928-28-8",50
 40=, 40, 32.6242, 1.2791,"Anthracene", 41762,"000120-12-7",97
 41=, 41, 32.7521, 0.7764,"Phenanthrene", 41767,"000085-01-8",95
 42=, 42, 32.9118, 0.1800,"2-Methyl-7-phenylindole", 62225,"001140-08-5",45
 43=, 43, 32.9866, 0.1632,"Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester",121708,"003555-45-1",64
 44=, 44, 33.1086, 0.1784,"Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243,"000605-67-4",53
 45=, 45, 33.1962, 0.3629,"1,2-Benzenediol, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-", 72747,"001020-31-1",58
 46=, 46, 33.2898, 0.1984,"2-Methyl-7-phenylindole", 62225,"001140-08-5",50
 47=, 47, 33.3261, 0.1933,"Trimethyl[4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenoxy]silane",110723,"078721-87-6",43
 48=, 48, 33.4006, 0.2076,"1H-Indole, 2-methyl-3-phenyl-", 62236,"004757-69-1",58
 49=, 49, 33.4720, 0.2705,"Methyltris(trimethylsiloxy)silane",130466,"017928-28-8",53
 50=, 50, 33.9019, 0.3484,"9,10-Methanoanthracen-11-ol, 9,10-dihydro-9,10,11-trimethyl-", 92233,"126615-74-5",47



51=, 51, 33.9786, 0.2494, "Anthracene, 2-methyl-", 51396, "000613-12-7", 55
 52=, 52, 34.1055, 0.1557, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 50
 53=, 53, 34.2333, 0.5315, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50049, "000203-64-5", 89
 54=, 54, 34.6026, 0.1357, "Methyltris(trimethylsiloxy)silane", 130466, "017928-28-8", 53
 55=, 55, 34.6521, 0.2938, "1H-Indole, 1-methyl-2-phenyl-", 62235, "003558-24-5", 53
 56=, 56, 35.2385, 0.3548, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 47
 57=, 57, 35.3601, 0.1559, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243, "000605-67-4", 70
 58=, 58, 35.6060, 0.2857, "1H-Indole, 1-methyl-2-phenyl-", 62235, "003558-24-5", 64
 59=, 59, 35.7209, 0.6498, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243, "000605-67-4", 46
 60=, 60, 35.9234, 0.4242, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 64
 61=, 61, 36.0778, 5.5522, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 98
 62=, 62, 36.1827, 0.2845, "Anthracene, 9,10-diethyl-9,10-dihydro-", 82672, "046868-29-5", 49
 63=, 63, 36.3984, 0.8365, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 89
 64=, 64, 36.6155, 0.4213, "3-Phenyl-2H-chromene", 63005, "006054-00-8", 64
 65=, 65, 36.8922, 5.8254, "Pyrene", 58555, "000129-00-0", 95
 66=, 66, 36.9998, 0.2288, "Tetrasiloxane, decamethyl-", 130465, "000141-62-8", 50
 67=, 67, 37.1115, 0.2253, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 55
 68=, 68, 37.3279, 1.6842, "p-Terphenyl-d14", 88113, "001718-51-0", 98
 69=, 69, 37.7644, 0.1965, "Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester", 121708, "003555-45-1", 47
 70=, 70, 37.8918, 0.6694, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 38
 71=, 71, 38.2834, 1.5047, "Pyrene, 2-methyl-", 68690, "003442-78-2", 91
 72=, 72, 38.5693, 0.6935, "Fluoranthene, 2-methyl-", 68702, "033543-31-6", 89
 73=, 73, 38.8272, 0.9587, "Pyrene, 2-methyl-", 68687, "003442-78-2", 92
 74=, 74, 39.2725, 0.3966, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243, "000605-67-4", 38
 75=, 75, 39.4063, 0.7052, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243, "000605-67-4", 50
 76=, 76, 40.3184, 0.1188, "Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester", 121708, "003555-45-1", 64
 77=, 77, 40.4242, 0.1169, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 47
 78=, 78, 40.7774, 0.5264, "Tetrasiloxane, decamethyl-", 130465, "000141-62-8", 47
 79=, 79, 41.5547, 1.1844, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 98
 80=, 80, 41.7087, 0.7353, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 35
 81=, 81, 41.9448, 1.1226, "1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene", 72520, "017151-09-6", 30
 82=, 82, 42.5788, 0.5476, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 46
 83=, 83, 42.8393, 0.4271, "2,4,6-Cycloheptatrien-1-one, 3,5-bis(trimethylsilyl)-", 91822, "1000161-21-8", 53
 84=, 84, 43.1254, 4.5581, "Triphenylene", 77462, "000217-59-4", 98
 85=, 85, 43.3544, 5.1936, "Triphenylene", 77462, "000217-59-4", 98
 86=, 86, 44.0800, 0.9252, "Benz[a]anthracene", 77464, "000056-55-3", 53
 87=, 87, 45.0291, 0.6631, "Medazepam", 105456, "002898-12-6", 59
 88=, 88, 46.1323, 0.4307, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243, "000605-67-4", 53
 89=, 89, 46.2367, 0.6099, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 53
 90=, 90, 46.5802, 0.9940, "Benz[a]anthracene, 8-methyl-", 86926, "002381-31-9", 86
 91=, 91, 46.8614, 0.5896, "2-(Acetoxymethyl)-3-(methoxycarbonyl)biphenylene", 113217, "093103-70-9", 50
 92=, 92, 47.3897, 0.1853, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 49
 93=, 93, 47.4131, 0.2311, "1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene", 72520, "017151-09-6", 43
 94=, 94, 47.7726, 0.8750, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 35
 95=, 95, 47.8767, 0.4375, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 43
 96=, 96, 48.2769, 0.2606, "Methyltris(trimethylsiloxy)silane", 130466, "017928-28-8", 50
 97=, 97, 48.3624, 0.6111, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 50
 98=, 98, 51.5020, -0.0066, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 49
 99=, 99, 53.4903, 9.4201, "Benzo[e]pyrene", 93577, "000192-97-2", 98
 100=, 100, 53.7370, 3.0778, "Benz[e]acephenanthrylene", 93587, "000205-99-2", 96
 101=, 101, 54.7661, 1.8306, "Benzo[k]fluoranthene", 93584, "000207-08-9", 95
 102=, 102, 56.1013, 0.1848, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 58
 103=, 103, 56.1322, 0.4104, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 58
 104=, 104, 56.8130, 5.5805, "Benzo[e]pyrene", 93577, "000192-97-2", 97



105=,105, 57.4674, 6.0315,"Benzo[e]pyrene", 93577,"000192-97-2",98
 106=,106, 58.5336, 1.7555,"Benzo[e]pyrene", 93577,"000192-97-2",95
 107=,107, 58.7199, 0.0101,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",52
 108=,108, 65.7172, 0.0217,"Benzene, 2-[(tert-butyldimethylsilyl)oxy]-1-isopropyl-4-methyl-",101373,"330455-64-6",62
 109=,109, 65.7619, 0.0102,"Benzene, 2-[(tert-butyldimethylsilyl)oxy]-1-isopropyl-4-methyl-",101373,"330455-64-6",62
 110=,110, 76.0056, 0.0481,"Tetrasiloxane, decamethyl-",130465,"000141-62-8",47
 111=,111, 78.0946, 4.7314,"Indeno[1,2,3-cd]pyrene",109679,"000193-39-5",96
 112=,112, 78.5888, 0.0141,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",49
 113=,113, 81.3825, 0.1672,"Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester",121708,"003555-45-1",53
 114=,114, 81.4284, 0.0087,"Tetrasiloxane, decamethyl-",130465,"000141-62-8",47
 115=,115, 83.7911, 4.8071,"Benzo[ghi]perylene",109673,"000191-24-2",96

b7103 – 3rd sampling

Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"
 1=, 1, 8.6756, 0.2359,"Benzene, fluoro-", 2726,"000462-06-6",90
 2=, 2, 15.7497, 0.0803,"2-Hexanol, 2-methyl-", 8117,"000625-23-0",45
 3=, 3, 17.7934, 0.4688,"Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene", 4758,"000694-87-1",95
 4=, 4, 20.4615, 0.3132,"Benzene, 1-ethenyl-3-methyl-", 8697,"000100-80-1",92
 5=, 5, 20.5538, 0.1482,"Benzene, 1-ethenyl-3-methyl-", 8697,"000100-80-1",95
 6=, 6, 21.5796, 0.6956,"Indene", 8167,"000095-13-6",97
 7=, 7, 22.5465, 0.0991,"Benzene, 4-ethenyl-1,2-dimethyl-", 13628,"027831-13-6",95
 8=, 8, 22.7264, 0.3366,"Octafluoronaphthalene",106366,"000313-72-4",96
 9=, 9, 23.0390, 0.0717,"Benzene, (1-nitroethyl)-", 23813,"007214-61-1",72
 10=, 10, 23.6321, 0.0452,"Benzene, 1-butylnyl-", 12681,"000622-76-4",93
 11=, 11, 24.2695, 0.6301,"Naphthalene", 11576,"000091-20-3",94
 12=, 12, 24.7584, 0.0466,"Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-", 14424,"000535-77-3",76
 13=, 13, 25.5251, 0.0678,"1H-Inden-1-one, 2,3-dihydro-", 14082,"000083-33-0",96
 14=, 14, 25.9860, 0.2398,"Bicyclo[4.2.1]nona-2,4,7-triene, 9-(phenylseleno)-, (anti-)",108046,"072065-50-0",64
 15=, 15, 26.0897, 0.2561,"Naphthalene, 2-methyl-", 18568,"000091-57-6",97
 16=, 16, 26.3538, 0.0872,"Naphthalene, 2-methyl-", 18568,"000091-57-6",95
 17=, 17, 27.2268, 0.1097,"Biphenyl", 25988,"000092-52-4",96
 18=, 18, 27.5459, 0.1167,"Naphthalene, 1-ethyl-", 27281,"001127-76-0",87
 19=, 19, 27.7290, 0.1035,"Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27294,"000582-16-1",95
 20=, 20, 27.9283, 0.1188,"Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27294,"000582-16-1",96
 21=, 21, 28.0190, 0.2344,"Biphenyl", 25992,"000092-52-4",93
 22=, 22, 28.3795, 1.6291,"Biphenylene", 24421,"000259-79-0",90
 23=, 23, 28.7857, 0.0593,"Dodecane, 1-fluoro-", 48679,"000334-68-9",46
 24=, 24, 28.8499, 0.5087,"Acenaphthene", 25994,"000083-32-9",93
 25=, 25, 29.0463, 0.1082,"Indene", 8169,"000095-13-6",70
 26=, 26, 29.2698, 0.4143,"Dibenzofuran", 35099,"002235-15-6",94
 27=, 27, 29.5319, 0.0841,"Naphthalene, 2-(1-methylethenyl)-", 35122,"003710-23-4",38
 28=, 28, 29.6360, 0.1048,"Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36485,"002245-38-7",91
 29=, 29, 29.9192, 0.1419,"Fluorene-9-methanol", 54462,"024324-17-2",70
 30=, 30, 30.0313, 0.0828,"Octadecane, 1-chloro-",117264,"003386-33-2",42
 31=, 31, 30.1454, 0.4434,"Fluorene", 33581,"000086-73-7",91
 32=, 32, 30.4764, 0.1820,"Fluorene", 33581,"000086-73-7",64
 33=, 33, 30.5811, 0.1348,"Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605,"007320-53-8",60
 34=, 34, 30.6734, 0.1502,"Decane, 3,8-dimethyl-", 36462,"017312-55-9",92
 35=, 35, 30.7722, 0.1362,"Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605,"007320-53-8",83
 36=, 36, 30.9078, 0.3078,"1(2H)-Acenaphthylene", 35099,"002235-15-6",91
 37=, 37, 31.0697, 0.5025,"Naphthalene, 1,2,3-trimethyl-4-propenyl-, (E)-", 64495,"026137-53-1",90



38=, 38, 31.2331, 0.1610, "5,9-Methano-5H-benzocycloheptene, 8-bromo-8,9-dihydro-", 80826, "1000142-92-2", 53

39=, 39, 31.3495, 0.5327, "Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-", 113503, "000638-36-8", 94

40=, 40, 31.9239, 1.0063, "1H-Phenalen-1-one", 43220, "000548-39-0", 93

41=, 41, 32.0520, 0.0874, "Benzene, 1,1'-(3-methyl-1-propene-1,3-diyl)bis-", 63118, "007614-93-9", 55

42=, 42, 32.2201, 0.3345, "1,5,6,7-Tetramethyl-3-phenylbicyclo[3.2.0]hepta-2,6-diene", 74556, "126584-00-7", 55

43=, 43, 32.3345, 0.1212, "Tetradecane, 1-chloro-", 79905, "002425-54-9", 66

44=, 44, 32.5443, 0.7822, "Phenanthrene", 41767, "000085-01-8", 96

45=, 45, 32.6738, 0.7274, "Phenanthrene", 41767, "000085-01-8", 94

46=, 46, 32.8380, 0.1446, "Benzenepropanenitrile, .beta.-phenyl-", 62244, "002286-54-6", 76

47=, 47, 32.8952, 0.1834, "Benzene, 1-propynyl-", 8172, "000673-32-5", 80

48=, 48, 33.0207, 0.1720, "Indene", 8168, "000095-13-6", 46

49=, 49, 33.1195, 0.3779, "4-Cyclohepta-2,4,6-trienyl-phenol", 46077, "091902-42-0", 56

50=, 50, 33.2077, 0.1474, "Quinoline, 6-methoxy-8-nitro-", 59337, "000085-81-4", 42

51=, 51, 33.2568, 0.2055, "Pentafluorobenzoic acid, 2,3-dichlorophenyl ester", 155064, "136264-97-6", 30

52=, 52, 33.3130, 0.1877, "9,10-Anthracenedione, 1,2-dimethyl-", 82570, "003285-98-1", 55

53=, 53, 33.3967, 0.1919, "Tetradecane", 55974, "000629-59-4", 90

54=, 54, 33.8167, 0.1619, "Phenanthrene, 1-methyl-", 51408, "000832-69-9", 91

55=, 55, 33.8927, 0.1516, "Phenanthrene, 2-methyl-", 51411, "002531-84-2", 96

56=, 56, 34.0156, 0.1580, "Anthracene, 1-methyl-", 51403, "000610-48-0", 96

57=, 57, 34.1429, 0.4623, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50049, "000203-64-5", 93

58=, 58, 34.5163, 0.2264, "9H-Fluoren-9-one", 43217, "000486-25-9", 91

59=, 59, 34.5582, 0.2512, "[1,1'-Biphenyl]-2,2'-dicarbonitrile", 59774, "004341-02-0", 38

60=, 60, 35.1428, 0.3403, "1,8-Naphthalic anhydride", 55793, "000081-84-5", 86

61=, 61, 35.2606, 0.1107, "Pyrido[2,3-d]pyrimidine, 4-phenyl-", 62205, "028732-75-4", 46

62=, 62, 35.5061, 0.1567, "[14]Annulene, 1,6:8,13-bis(methano)-, syn", 61630, "085385-68-8", 83

63=, 63, 35.6170, 0.5235, "Cyclopenta(def)phenanthrenone", 60105, "005737-13-3", 64

64=, 64, 35.8175, 0.3289, "2-(Acetoxymethyl)-3-(methoxycarbonyl)biphenylene", 113217, "093103-70-9", 25

65=, 65, 35.9756, 4.7847, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 95

66=, 66, 36.0776, 0.1807, "Naphthalene, 1-(phenylmethyl)-", 70031, "000611-45-0", 60

67=, 67, 36.2883, 0.7665, "Benzene, 1,1'-(1,3-butadiyne-1,4-diyl)bis-", 58561, "000886-66-8", 92

68=, 68, 36.4976, 0.3759, "Naphthalene, 1-(1-cyclohexen-1-yl)-", 63094, "040358-51-8", 68

69=, 69, 36.7800, 5.0575, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 93

70=, 70, 36.8866, 0.2367, "1H-Pyrazole-4-carbaldehyde, 3-(4-methoxyphenyl)-", 58188, "1000316-61-8", 25

71=, 71, 36.9925, 0.2175, "Acetic acid N'-(2,4-dichloro-phenyl)-hydrazide", 70160, "1000294-80-5", 46

72=, 72, 37.2064, 1.5039, "p-Terphenyl-d14", 88113, "001718-51-0", 98

73=, 73, 37.6374, 0.2608, "Benzo[k]xanthene", 69996, "000200-23-7", 50

74=, 74, 37.7657, 0.6545, "11H-Benzo[b]fluorene", 68695, "000243-17-4", 90

75=, 75, 38.1463, 1.4192, "Pyrene, 1-methyl-", 68692, "002381-21-7", 97

76=, 76, 38.4282, 0.5924, "Pyrene, 2-methyl-", 68690, "003442-78-2", 95

77=, 77, 38.6818, 0.8133, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 91

78=, 78, 39.1216, 0.2984, "Pyrene, 2-methyl-", 68690, "003442-78-2", 93

79=, 79, 39.2656, 0.6204, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 87

80=, 80, 40.1363, 0.1848, "Fluorenone oxime", 53608, "002157-52-0", 50

81=, 81, 40.2599, 0.1215, "6,6-Diphenylfulvene", 78797, "002175-90-8", 52

82=, 82, 40.6132, 0.5391, "11H-Benzo[a]fluoren-11-one", 78768, "000479-79-8", 78

83=, 83, 40.9229, 0.1951, "Pyrene, 1,3-dimethyl-", 78799, "064401-21-4", 95

84=, 84, 41.3797, 0.8916, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 96

85=, 85, 41.5266, 0.5328, "Chrysene", 77457, "000218-01-9", 64

86=, 86, 41.7673, 0.9404, "Benzene, [4-(3-ethynylphenyl)-1,3-butadiynyl]-", 76136, "1000115-87-3", 60

87=, 87, 42.3929, 0.4209, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 93

88=, 88, 42.6596, 0.2772, "Benzo(a)acridine", 78023, "000225-11-6", 60

89=, 89, 42.9494, 3.9733, "1(2H)-Phenanthrenone, 3,4,9,10-tetrahydro-7-methoxy-", 77376, "014427-61-3", 98

90=, 90, 43.1795, 4.6058, "1(2H)-Phenanthrenone, 3,4,9,10-tetrahydro-7-methoxy-", 77376, "014427-61-3", 98
91=, 91, 43.4415, 0.3378, "Benz[b]-1,4-oxazepine-4(5H)-thione, 2,3-dihydro-2,8-dimethyl-", 62043, "1000258-63-4", 47
92=, 92, 43.8670, 1.2088, "Chrysene", 77457, "000218-01-9", 56
93=, 93, 44.3665, 0.2119, "Benzo[b]naphtho[2,3-d]thiophene, 6-methyl-", 90798, "024360-63-2", 64
94=, 94, 44.8060, 0.3752, "Naphtho[2,1,8,7-klmn]xanthene", 86885, "000191-37-7", 90
95=, 95, 45.9062, 0.5526, "trans-4-Chlorochalcone", 86618, "022252-16-0", 38
96=, 96, 45.9922, 0.5774, "7-Methyl-4-azafluorene", 43886, "064291-99-2", 25
97=, 97, 46.3456, 0.8592, "Benz[a]anthracene, 7-methyl-", 86927, "002541-69-7", 95
98=, 98, 46.5164, 0.1362, "4-Dehydroxy-N-(4,5-methylenedioxy-2-nitrobenzylidene)tyramine", 123317, "1000111-66-9", 45
99=, 99, 46.6151, 0.4081, "Chrysene, 1-methyl-", 86909, "003351-28-8", 92
100=, 100, 47.1583, 0.4332, "5,6-Dimethyl-4-phenyl-3-cyanopyridine-2(1H)-thione", 85129, "094639-18-6", 60
101=, 101, 47.5241, 0.7202, "Cyclohexane, hexaethylidene-", 85536, "001482-93-5", 93
102=, 102, 47.6397, 0.3642, "Bicyclo[5.1.0]octane-8,8-dicarbonitrile, 1-(1-cyclopenten-3-on-1-yl)-", 85318, "159380-93-5", 91
103=, 103, 48.0411, 0.9569, "Sulfoxide, methyl .beta.-methylstyryl", 42805, "021147-09-1", 35
104=, 104, 48.6978, 0.1057, "4-Dehydroxy-N-(4,5-methylenedioxy-2-nitrobenzylidene)tyramine", 123317, "1000111-66-9", 38
105=, 105, 48.7593, 0.1382, "Propiophenone, 2'-(trimethylsiloxy)-", 72506, "033342-87-9", 38
106=, 106, 49.5560, 0.3822, "Bicyclo[4.1.0]hepta-1,3,5-triene, 2,5-diphenyl-", 86940, "052750-12-6", 56
107=, 107, 50.4514, 0.2811, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 30
108=, 108, 50.9809, 0.2884, "Fluorene, 9-(2-pyridinyl)methylene-", 95528, "002871-27-4", 38
109=, 109, 51.2496, 0.3892, "Plumbane, trimethyl(1-methylpropyl)-", 131195, "054964-76-0", 59
110=, 110, 52.2525, 0.4018, "Indole, 3-(4-nitrophenylamino)-", 93928, "167954-19-0", 58
111=, 111, 52.6528, 0.2912, "Chrysin", 94553, "000480-40-0", 55
112=, 112, 53.2651, 9.9013, "Benzo[a]pyrene", 93578, "000050-32-8", 96
113=, 113, 53.4777, 3.2782, "Benzo[a]pyrene", 93578, "000050-32-8", 98
114=, 114, 54.1085, 0.3310, "(2-Phenyl-1-benzimidazolyl)acetic acid", 93238, "092437-42-8", 22
115=, 115, 54.4443, 1.9117, "Benzo[e]pyrene", 93577, "000192-97-2", 95
116=, 116, 55.0402, 0.2096, "9,10-Anthraquinone diimine, N,N'-dicyano-2,3-dimethyl-", 114760, "1000142-29-9", 53
117=, 117, 55.1066, 0.2412, "1,8-Diphenyl-1,3,5,7-octatetraene", 97648, "003029-40-1", 42
118=, 118, 55.7910, 0.5371, "Dinaphtho[1,2-b:1',2'-d]furan", 104292, "000207-93-2", 42
119=, 119, 56.5513, 5.9553, "Benzo[e]pyrene", 93577, "000192-97-2", 93
120=, 120, 57.2066, 6.3878, "Benzo[k]fluoranthene", 93584, "000207-08-9", 98
121=, 121, 58.2029, 1.9876, "Benzo[k]fluoranthene", 93584, "000207-08-9", 98
122=, 122, 58.4044, 0.3893, ".beta.-(1-Naphthyl)acrylic acid", 55816, "013026-12-5", 45
123=, 123, 61.0908, 0.2980, "11H-Indeno[2,1-a]phenanthrene", 102891, "000220-97-3", 90
124=, 124, 65.3088, 0.6147, "2-Oxo-6-phenyl-4-(4-hydroxyphenyl)-1,2-dihydropyrimidine", 101296, "161200-20-0", 25
125=, 125, 72.6908, 0.3188, "3H-Perylo[1,12-b,c,d]pyran", 112119, "1000281-21-7", 46
126=, 126, 75.4509, 0.1107, "Benzo[b]triphenylene", 110875, "000215-58-7", 90
127=, 127, 75.4914, 0.0238, "1-Naphthalenecarboxylic acid, 2-benzoyl-", 109533, "038119-11-8", 92
128=, 128, 75.5675, 0.0018, "Indeno[1,2,3-cd]pyrene", 109679, "000193-39-5", 95
129=, 129, 77.6994, 3.8192, "Indeno[1,2,3-cd]pyrene", 109679, "000193-39-5", 98
130=, 130, 77.9639, 0.0112, "Benzo[b]triphenylene", 110875, "000215-58-7", 90
131=, 131, 78.0047, 0.0158, "Benzo[b]triphenylene", 110875, "000215-58-7", 96
132=, 132, 78.0509, 0.0200, "Benzo[b]triphenylene", 110875, "000215-58-7", 95
133=, 133, 78.0821, 0.0199, "1,2:7,8-Dibenzophenanthrene", 110885, "000213-46-7", 95
134=, 134, 80.0836, 0.6458, "1,2:7,8-Dibenzophenanthrene", 110884, "000213-46-7", 92
135=, 135, 80.8316, 0.6074, "Benzo[b]triphenylene", 110875, "000215-58-7", 80
136=, 136, 80.8978, 0.3034, "Benzo[b]triphenylene", 110875, "000215-58-7", 38
137=, 137, 83.3570, 3.8490, "Benzo[ghi]perylene", 109673, "000191-24-2", 99



138=,138, 86.2750, 0.3111,"Dibenzo[def,mno]chrysene",109680,"000191-26-4",97
 139=,139, 86.3055, 0.2852,"Indeno[1,2,3-cd]pyrene",109679,"000193-39-5",96

b7106 – 1st sampling

Header=,"PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"

1=, 1, 15.7603, 3.0691,"2-Hexanol, 2-methyl-", 8117,"000625-23-0",50
 2=, 2, 17.8103, 0.2777,"Styrene", 4750,"000100-42-5",94
 3=, 3, 20.4790, 0.0939,"cis-.beta.-Methylstyrene", 8694,"000766-90-5",60
 4=, 4, 21.5986, 0.5239,"Indene", 8168,"000095-13-6",94
 5=, 5, 23.7279, 0.1239,"Cyclopentasiloxane, decamethyl-",161016,"000541-02-6",50
 6=, 6, 24.2787, 1.7592,"Azulene", 11573,"000275-51-4",55
 7=, 7, 26.0064, 0.2546,"Benzene, (2-bromocyclopropyl)-", 54889,"036617-02-4",64
 8=, 8, 26.1076, 0.2880,"Benzocycloheptatriene", 18561,"000264-09-5",94
 9=, 9, 26.3699, 0.1286,"Benzocycloheptatriene", 18560,"000264-09-5",91
 10=, 10, 26.4974, 0.3016,"Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-",179152,"000540-97-6",83
 11=, 11, 27.2472, 0.0944,"Biphenyl", 25990,"000092-52-4",70
 12=, 12, 27.7499, 0.1740,"Pent-1-yn-3-ene, 4-methyl-3-phenyl-", 27329,"065050-80-8",70
 13=, 13, 27.9434, 0.1390,"Naphthalene, 1,7-dimethyl-", 27307,"000575-37-1",91
 14=, 14, 28.0387, 0.2464,"Naphthalene, 2-ethenyl-", 25997,"000827-54-3",78
 15=, 15, 28.3950, 1.2576,"Biphenylene", 24424,"000259-79-0",86
 16=, 16, 28.8645, 0.4493,"1,4-Ethenonaphthalene, 1,4-dihydro-", 26001,"007322-47-6",53
 17=, 17, 28.9315, 0.2823,"Octasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13,15,15-hexadecamethyl-",187862,"019095-24-0",64
 18=, 18, 29.2885, 0.5440,"Dibenzofuran", 35097,"000132-64-9",81
 19=, 19, 29.6499, 0.3967,"Diethyl Phthalate", 72414,"000084-66-2",76
 20=, 20, 30.1616, 0.4080,"Fluorene", 33580,"000086-73-7",90
 21=, 21, 30.6008, 0.1888,"2-Hydroxyfluorene", 44603,"002443-58-5",46
 22=, 22, 30.7910, 0.1829,"Pyrido[2,3-b]indole, 6-methyl-", 44491,"108349-67-3",50
 23=, 23, 30.9281, 0.3037,"1(2H)-Acenaphthylene", 35099,"002235-15-6",86
 24=, 24, 31.0828, 0.5188,"(4-Acetylphenyl)phenylmethane", 64422,"000782-92-3",86
 25=, 25, 31.3658, 0.2078,"Octadecane, 2,6-dimethyl-",113501,"075163-97-2",38
 26=, 26, 31.9432, 0.7609,"Benzo[c]cinnoline", 43156,"000230-17-1",90
 27=, 27, 32.0009, 0.1004,"Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester",121708,"003555-45-1",43
 28=, 28, 32.2499, 0.5640,"1H-Indole, 5-methyl-2-phenyl-", 62233,"013228-36-9",30
 29=, 29, 32.3328, 0.2643,"Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243,"000605-67-4",30
 30=, 30, 32.5626, 1.2443,"Phenanthrene", 41767,"000085-01-8",93
 31=, 31, 32.6918, 0.9020,"Phenanthrene", 41767,"000085-01-8",95
 32=, 32, 32.8737, 0.4459,"1H-Indole-2-carboxylic acid, 6-(4-ethoxyphenyl)-3-methyl-4-oxo-4,5,6,7-tetrahydro-, isopropyl ester",154967,"1000316-17-5",46
 33=, 33, 33.3252, 0.3957,"Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243,"000605-67-4",62
 34=, 34, 33.4083, 0.2702,"Silane, 1,4-phenylenebis(trimethyl-", 72522,"013183-70-5",49
 35=, 35, 33.8351, 0.3484,"Anthracene, 9,10-dihydro-9,9,10-trimethyl-", 73092,"014923-29-6",87
 36=, 36, 33.9102, 0.3301,"Anthracene, 9-methyl-", 51393,"000779-02-2",92
 37=, 37, 34.0350, 0.2823,"Anthracene, 9,10-dihydro-9,9,10-trimethyl-", 73092,"014923-29-6",43
 38=, 38, 34.1606, 0.8506,"4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50048,"000203-64-5",58
 39=, 39, 34.5332, 0.3152,"1H-Benzo[4,5]furo[3,2-f]indole", 62219,"000242-97-7",60
 40=, 40, 34.5756, 0.3022,"1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene", 72520,"017151-09-6",45
 41=, 41, 34.6267, 0.2838,"Tetrasiloxane, decamethyl-",130464,"000141-62-8",43
 42=, 42, 35.1651, 0.2478,"Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121,"000541-05-9",49
 43=, 43, 35.5221, 0.1290,"Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243,"000605-67-4",53
 44=, 44, 35.6421, 0.5679,"Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243,"000605-67-4",41
 45=, 45, 35.8196, 0.2611,"1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene", 72520,"017151-09-6",47
 46=, 46, 35.9900, 6.3271,"Fluoranthene", 58557,"000206-44-0",93

47=, 47, 36.3075, 0.9799, "Benzene, 1,1'-(1,3-butadiyne-1,4-diyl)bis-", 58560, "000886-66-8", 89
 48=, 48, 36.5319, 0.3394, "1-Methyl-2-phenylbenzimidazole", 62912, "002622-63-1", 43
 49=, 49, 36.7953, 6.1193, "Pyrene", 58555, "000129-00-0", 76
 50=, 50, 37.0124, 0.3227, "Trimethyl[4-(2-methyl-4-oxo-2-pentyl)phenoxy]silane", 101262, "1000283-54-9", 47
 51=, 51, 37.2300, 2.0544, "p-Terphenyl-d14", 88113, "001718-51-0", 91
 52=, 52, 37.6614, 0.3030, "Silane, 1,4-phenylenebis[trimethyl-", 72522, "013183-70-5", 49
 53=, 53, 37.7820, 0.7182, "2-Methyl-7-phenylindole", 62225, "001140-08-5", 30
 54=, 54, 38.1690, 1.7842, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 91
 55=, 55, 38.4525, 1.0318, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 95
 56=, 56, 38.6989, 0.9214, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 62
 57=, 57, 39.0400, 0.2731, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 64
 58=, 58, 39.1493, 0.3928, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 55
 59=, 59, 39.2775, 0.6142, "Anthracene, 9,10-dihydro-9,9,10-trimethyl-", 73092, "014923-29-6", 38
 60=, 60, 40.6562, 0.7572, "1,1,1,3,5,5,5-Heptamethyltrisiloxane", 73166, "001873-88-7", 47
 61=, 61, 41.4101, 1.2568, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 91
 62=, 62, 41.5493, 0.7151, "Cyclopenta(cd)pyrene, 3,4-dihydro-", 77470, "025732-74-5", 25
 63=, 63, 41.7953, 1.3716, "Benzene, [4-(3-ethynylphenyl)-1,3-butadiynyl]-", 76136, "1000115-87-3", 38
 64=, 64, 42.4197, 0.5765, "Silane, trimethyl[5-methyl-2-(1-methylethyl)phenoxy]-", 72681, "055012-80-1", 38
 65=, 65, 42.6575, 0.3716, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 42
 66=, 66, 42.6833, 0.3781, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 42
 67=, 67, 42.9622, 5.3356, "Benz[a]anthracene", 77464, "000056-55-3", 95
 68=, 68, 43.1937, 5.4234, "Triphenylene", 77460, "000217-59-4", 86
 69=, 69, 43.8830, 1.6982, "1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene", 72520, "017151-09-6", 38
 70=, 70, 44.1711, 0.2258, "Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester", 121708, "003555-45-1", 50
 71=, 71, 44.8379, 0.5301, "Silane, 1,4-phenylenebis[trimethyl-", 72522, "013183-70-5", 35
 72=, 72, 45.9149, 0.1601, "Tetrasiloxane, decamethyl-", 130465, "000141-62-8", 50
 73=, 73, 46.0060, 0.0626, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243, "000605-67-4", 55
 74=, 74, 46.3844, 0.9295, "Chrysene, 6-methyl-", 86905, "003697-24-3", 91
 75=, 75, 46.6397, 0.1405, "1H-Indole-2-carboxylic acid, 6-(4-ethoxyphenyl)-3-methyl-4-oxo-4,5,6,7-tetrahydro-, isopropyl ester", 154967, "1000316-17-5", 38
 76=, 76, 47.2087, 0.3653, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 43
 77=, 77, 47.5660, 0.7450, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 43
 78=, 78, 47.6709, 0.4823, "1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene", 72520, "017151-09-6", 38
 79=, 79, 53.2124, 8.6065, "Benzo[a]pyrene", 93578, "000050-32-8", 96
 80=, 80, 53.4464, 2.5165, "Benz[e]acephenanthrylene", 93587, "000205-99-2", 96
 81=, 81, 54.4763, 1.8683, "Benzo[k]fluoranthene", 93584, "000207-08-9", 51
 82=, 82, 55.8445, 0.6386, "Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester", 121708, "003555-45-1", 59
 83=, 83, 56.4878, 6.0527, "Benz[e]acephenanthrylene", 93587, "000205-99-2", 83
 84=, 84, 57.1368, 5.9303, "Benzo[k]fluoranthene", 93584, "000207-08-9", 96
 85=, 85, 58.1899, 0.9074, "Benzo[e]pyrene", 93577, "000192-97-2", 95
 86=, 86, 58.2126, 0.7082, "Benzo[e]pyrene", 93577, "000192-97-2", 95
 87=, 87, 77.5343, 2.2971, "Indeno[1,2,3-cd]pyrene", 109677, "000193-39-5", 97
 88=, 88, 77.5704, 2.0483, "Indeno[1,2,3-cd]pyrene", 109677, "000193-39-5", 95
 89=, 89, 80.7108, 0.0666, "Silane, 1,4-phenylenebis[trimethyl-", 72522, "013183-70-5", 47
 90=, 90, 82.8912, 0.0780, "Benzothiazoline, 3-methyl-2-[(trifluorothioacetyl)imino]-", 108967, "118215-08-0", 40
 91=, 91, 83.1122, 1.4779, "Benzo[ghi]perylene", 109673, "000191-24-2", 95
 92=, 92, 83.1711, 2.0166, "Benzo[ghi]perylene", 109673, "000191-24-2", 95

b7106 – 2nd sampling

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"
 1=, 1, 8.2953, 0.1253, "Benzene", 998, "000071-43-2", 91
 2=, 2, 8.7992, 0.1073, "Benzene, fluoro-", 2724, "000462-06-6", 90
 3=, 3, 13.6207, 0.0919, "Toluene", 2400, "000108-88-3", 93



4=, 4, 15.8321, 0.0409, "2-Hexanol, 2-methyl-", 8117, "000625-23-0", 53
5=, 5, 17.8741, 0.0872, "Styrene", 4751, "000100-42-5", 97
6=, 6, 20.5353, 0.0249, "Benzene, 1-ethenyl-3-methyl-", 8700, "000100-80-1", 95
7=, 7, 21.6552, 0.1301, "Benzene, 1-propynyl-", 8172, "000673-32-5", 94
8=, 8, 24.3436, 1.3641, "Naphthalene", 11578, "000091-20-3", 97
9=, 9, 24.4347, 0.0610, "2-Benzothiophene", 14779, "000270-82-6", 90
10=, 10, 26.1631, 0.9592, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 96
11=, 11, 26.4273, 0.8580, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566, "000090-12-0", 96
12=, 12, 27.2985, 0.1832, "Biphenyl", 25988, "000092-52-4", 96
13=, 13, 27.6204, 0.5037, "Naphthalene, 1-ethyl-", 27281, "001127-76-0", 95
14=, 14, 27.8009, 1.2721, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 98
15=, 15, 28.0023, 1.2642, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27299, "000581-40-8", 97
16=, 16, 28.0617, 0.7776, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 98
17=, 17, 28.2995, 0.4434, "Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27309, "000575-41-7", 96
18=, 18, 28.3396, 0.1474, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 98
19=, 19, 28.4538, 0.6812, "Biphenylene", 24424, "000259-79-0", 95
20=, 20, 28.5169, 0.1795, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27299, "000581-40-8", 97
21=, 21, 28.7453, 0.2293, "1,1'-Biphenyl, 3-methyl-", 35109, "000643-93-6", 96
22=, 22, 28.7856, 0.2310, "Benzene, 1,1'-ethylidenebis-", 44669, "000612-00-0", 95
23=, 23, 28.9272, 5.2123, "Acenaphthene", 25995, "000083-32-9", 94
24=, 24, 29.1411, 0.2806, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 95
25=, 25, 29.2042, 0.0870, "Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36485, "002245-38-7", 90
26=, 26, 29.2672, 0.1779, "1-Isopropenyl-naphthalene", 35108, "001855-47-6", 83
27=, 27, 29.3475, 3.9955, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 91
28=, 28, 29.4260, 0.2684, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 98
29=, 29, 29.5104, 0.3100, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 97
30=, 30, 29.6040, 0.0840, ".beta.-(2,2-Dimethylcyclopropylidene)styrene", 36502, "1000226-03-5", 41
31=, 31, 29.7135, 0.3318, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 98
32=, 32, 29.7803, 0.2181, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 97
33=, 33, 29.8575, 0.0784, "Benzene, 1,1'-methylenebis[4-methyl-", 54585, "004957-14-6", 86
34=, 34, 29.9526, 0.1784, "Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36489, "000829-26-5", 97
35=, 35, 29.9928, 0.4174, "1,7-Dimethyl-3-phenyltricyclo[4.1.0.0(2,7)]hept-3-ene", 54599, "1000200-99-4", 62
36=, 36, 30.0997, 1.0519, "1,1'-Biphenyl, 4-(1-methylethyl)-", 54571, "007116-95-2", 95
37=, 37, 30.2194, 2.5731, "Fluorene", 33582, "000086-73-7", 96
38=, 38, 30.2742, 0.1217, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 98
39=, 39, 30.3807, 0.2407, "1-Isopropenyl-naphthalene", 35108, "001855-47-6", 93
40=, 40, 30.4794, 0.4035, "1,1'-Biphenyl, 4-methyl-", 35117, "000644-08-6", 94
41=, 41, 30.5798, 0.3308, "1,1'-Biphenyl, 2-methyl-", 35119, "000643-58-3", 94
42=, 42, 30.6610, 0.6065, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 93
43=, 43, 30.7438, 0.1515, "Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-", 113503, "000638-36-8", 90
44=, 44, 30.8491, 0.8633, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 95
45=, 45, 30.9870, 0.3793, "1(2H)-Acenaphthylene", 35099, "002235-15-6", 78
46=, 46, 31.0683, 0.0734, "Naphthalene, 1,2,3-trimethyl-4-propenyl-, (E)-", 64495, "026137-53-1", 70
47=, 47, 31.1454, 1.7512, "2-(p-Tolylmethyl)-p-xylene", 64473, "000721-45-9", 80
48=, 48, 31.2989, 0.2775, "Benzene, 1,1'-(1-butenylidene)bis-", 63092, "001726-14-3", 92
49=, 49, 31.4195, 0.5074, "Octadecane, 2,6-dimethyl-", 113501, "075163-97-2", 95
50=, 50, 31.5081, 0.2003, "Benzene, 1,1'-(2-methyl-1-propenylidene)bis-", 63110, "000781-33-9", 91
51=, 51, 31.6286, 0.1642, "9H-Fluorene, 1-methyl-", 43244, "001730-37-6", 98
52=, 52, 31.7240, 0.1139, "9-Methoxyfluorene", 54461, "019126-15-9", 55
53=, 53, 31.8541, 0.1117, "1-Methyl-3-phenylindole", 62224, "030020-98-5", 50
54=, 54, 31.9595, 0.1645, "Indeno[2,1-c]pyridine, 1,4,6-trimethyl-", 63739, "062736-77-0", 43
55=, 55, 31.9970, 0.5452, "9H-Fluoren-9-one", 43217, "000486-25-9", 96
56=, 56, 32.0629, 0.1558, "Phenol, 4-(2-phenylethenyl)-, (E)-", 54501, "006554-98-9", 50
57=, 57, 32.1309, 0.2265, "1,2,5,6-Tetramethylacenaphthylene", 63090, "132118-73-1", 70



58=, 58, 32.2035, 0.0991, "5,6,7-Trimethoxy-1-indanone", 72420, "038472-90-1", 78
 59=, 59, 32.3002, 0.9066, "Dibenzothiophene", 46034, "000132-65-0", 96
 60=, 60, 32.4034, 0.1387, "Eicosane", 113489, "000112-95-8", 78
 61=, 61, 32.6279, 7.4862, "Phenanthrene", 41763, "000085-01-8", 96
 62=, 62, 32.7520, 1.0659, "Anthracene", 41762, "000120-12-7", 95
 63=, 63, 32.9068, 0.1011, "1,1'-Biphenyl, 2-azido-", 53567, "007599-23-7", 42
 64=, 64, 32.9860, 0.2413, "1H-Indole, 3-ethyl-2-(2-pyridyl)-", 72863, "093732-43-5", 53
 65=, 65, 33.0762, 0.1110, "1,3-Pentadiene, 1,1-diphenyl-, (Z)-", 71520, "015295-31-5", 95
 66=, 66, 33.2004, 0.2043, "1,2-Benzenediol, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-", 72746, "001020-31-1", 46
 67=, 67, 33.2874, 0.2060, "Dibenzo[a,e]cyclooctene", 60122, "000262-89-5", 95
 68=, 68, 33.3978, 0.1915, "1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene", 72520, "017151-09-6", 38
 69=, 69, 33.4665, 0.1173, "Eicosane", 113489, "000112-95-8", 59
 70=, 70, 33.5152, 0.1609, "6,7,8,9-Benzo[b]fluorene", 71513, "1000080-15-6", 87
 71=, 71, 33.6607, 0.0635, "Dibenzothiophene, 4-methyl-", 55840, "007372-88-5", 86
 72=, 72, 33.9008, 0.5139, "Phenanthrene, 1-methyl-", 51414, "000832-69-9", 96
 73=, 73, 33.9774, 0.3650, "1H-Cyclopropa[l]phenanthrene, 1a,9b-dihydro-", 51425, "000949-41-7", 97
 74=, 74, 34.1042, 0.0819, "Anthracene, 1-methyl-", 51403, "000610-48-0", 94
 75=, 75, 34.2325, 0.8697, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50049, "000203-64-5", 97
 76=, 76, 34.6020, 0.6327, "9,10-Anthracenedione", 62993, "000084-65-1", 98
 77=, 77, 34.6472, 0.2881, "1-Methyl-4-ethyl 2-phenylsuccinate", 82217, "132545-36-9", 95
 78=, 78, 35.1976, 0.2061, "4-Isopropylxanthen-9-one", 83918, "1000210-33-1", 55
 79=, 79, 35.2375, 0.3467, "1H-Indole, 2,5-dimethyl-1-(trimethylsilyl)-", 69146, "074367-48-9", 43
 80=, 80, 35.3569, 0.0761, "1H-Indole, 2-methyl-3-phenyl-", 62236, "004757-69-1", 62
 81=, 81, 35.6082, 0.1258, "Phenanthrene, 2,5-dimethyl-", 61594, "003674-66-6", 78
 82=, 82, 35.7087, 0.4626, "Cyclopenta(def)phenanthrenone", 60105, "005737-13-3", 64
 83=, 83, 35.7838, 0.0768, "1H-Indole, 1-methyl-2-phenyl-", 62235, "003558-24-5", 64
 84=, 84, 35.9250, 0.2339, "Benzeneethanol, .beta.-ethenyl-", 21793, "006052-63-7", 38
 85=, 85, 36.0854, 9.0794, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 98
 86=, 86, 36.1889, 0.1669, "Anthracene, 9-(2-propenyl)-", 70029, "023707-65-5", 52
 87=, 87, 36.3977, 0.6183, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 95
 88=, 88, 36.6153, 0.3723, "5-Methyl-3-phenyl-1H-indazole", 62910, "057614-16-1", 64
 89=, 89, 36.8974, 7.0160, "Pyrene", 58555, "000129-00-0", 95
 90=, 90, 37.1157, 0.1742, "Benzo[kl]xanthene", 69996, "000200-23-7", 91
 91=, 91, 37.3321, 1.0454, "p-Terphenyl-d14", 88113, "001718-51-0", 99
 92=, 92, 37.7630, 0.1580, "Benzo[kl]xanthene", 69996, "000200-23-7", 90
 93=, 93, 37.8865, 0.4391, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 96
 94=, 94, 38.2737, 0.9149, "Fluoranthene, 2-methyl-", 68702, "033543-31-6", 97
 95=, 95, 38.5623, 0.4453, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 93
 96=, 96, 38.8158, 0.4966, "Pyrene, 1-methyl-", 68689, "002381-21-7", 96
 97=, 97, 39.2659, 0.1728, "Pyrene, 2-methyl-", 68690, "003442-78-2", 64
 98=, 98, 39.4109, 0.4071, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 95
 99=, 99, 40.2965, 0.1254, "Acetamide, N-[4-(trimethylsilyl)phenyl]-", 62063, "017983-71-0", 43
 100=, 100, 40.7742, 0.3933, "11H-Benzo[a]fluoren-11-one", 78768, "000479-79-8", 96
 101=, 101, 41.5560, 0.7843, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 97
 102=, 102, 41.6990, 0.4646, "Benzo[c]phenanthrene", 77469, "000195-19-7", 89
 103=, 103, 41.9438, 0.8119, "Benzene, [4-(3-ethynylphenyl)-1,3-butadiynyl]-", 76136, "1000115-87-3", 49
 104=, 104, 42.0637, 0.2069, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 86
 105=, 105, 42.5756, 0.3795, "Benzo[b]naphtho[2,3-d]thiophene", 81179, "000243-46-9", 92
 106=, 106, 42.8280, 0.3869, "Benzo(a)acridine", 78023, "000225-11-6", 90
 107=, 107, 43.1327, 3.3316, "Chrysene", 77457, "000218-01-9", 98
 108=, 108, 43.3644, 3.6630, "Chrysene", 77457, "000218-01-9", 98
 109=, 109, 44.0739, 0.4585, "1H-Indole, 3-(2,5-dimethylthiazol-4-yl)-", 77057, "1000304-18-5", 35
 110=, 110, 44.3283, 0.1838, "7H-Benzo[c]carbazole", 69220, "000205-25-4", 83
 111=, 111, 45.0209, 0.2675, "Naphtho[2,1,8,7-klmn]xanthene", 86885, "000191-37-7", 78



112=,112, 46.1378, 0.2625,"9-Fluorenone-4-carbonyl chloride", 86617,"007071-83-2",35
 113=,113, 46.2377, 0.3232,"1H-Indole, 1-methyl-2-phenyl-", 62238,"003558-24-5",25
 114=,114, 46.5762, 0.3837,"Chrysene, 2-methyl-", 86904,"003351-32-4",96
 115=,115, 46.8549, 0.2329,"Chrysene, 2-methyl-", 86904,"003351-32-4",94
 116=,116, 47.1084, 0.0444,"Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243,"000605-67-4",49
 117=,117, 47.7696, 0.3138,"9-Fluorenone-4-carbonyl chloride", 86617,"007071-83-2",35
 118=,118, 48.3371, 0.5054,"1H-Indole, 5-methyl-2-phenyl-", 62237,"013228-36-9",42
 119=,119, 50.7679, 0.1668,"1H-Indole, 1-methyl-2-phenyl-", 62238,"003558-24-5",49
 120=,120, 51.5167, 0.2165,"5-Bromo-1-methylindole-2-carboxylic acid", 93727,"090766-47-5",35
 121=,121, 53.5083, 4.5821,"Benzo[k]fluoranthene", 93584,"000207-08-9",99
 122=,122, 53.7613, 1.5255,"Benz[e]acephenanthrylene", 93587,"000205-99-2",99
 123=,123, 54.7640, 0.5747,"Benzo[k]fluoranthene", 93584,"000207-08-9",96
 124=,124, 56.1387, 0.2877,"2-(Acetoxymethyl)-3-(methoxycarbonyl)biphenylene",113217,"093103-70-9",35
 125=,125, 56.8296, 2.5012,"Benzo[k]fluoranthene", 93584,"000207-08-9",97
 126=,126, 57.4829, 2.4816,"Benz[e]acephenanthrylene", 93587,"000205-99-2",99
 127=,127, 58.5387, 0.7879,"Perylene", 93575,"000198-55-0",99
 128=,128, 76.1278,-0.0041,"Indeno[1,2,3-cd]pyrene",109677,"000193-39-5",59
 129=,129, 78.1351, 2.0153,"Indeno[1,2,3-cd]pyrene",109679,"000193-39-5",99
 130=,130, 78.6306, 0.0242,"Benzo[b]chrysene",110870,"000214-17-5",93
 131=,131, 80.6309,-0.0268,"Pentacene",110868,"000135-48-8",56
 132=,132, 81.4018,-0.0040,"Benzo[b]triphenylene",110875,"000215-58-7",59
 133=,133, 83.8252, 2.0528,"Benzo[ghi]perylene",109673,"000191-24-2",99

b7106 – 3rd sampling

Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"
 1=, 1, 21.5797, 0.0999,"Indene", 8167,"000095-13-6",97
 2=, 2, 22.7329, 0.1141,"Octafluoronaphthalene",106366,"000313-72-4",97
 3=, 3, 24.2720, 1.2336,"Naphthalene", 11578,"000091-20-3",93
 4=, 4, 26.0892, 0.4327,"Naphthalene, 2-methyl-", 18568,"000091-57-6",97
 5=, 5, 26.3538, 0.5235,"Naphthalene, 1-methyl-", 18566,"000090-12-0",95
 6=, 6, 27.2253, 0.1065,"Biphenyl", 25988,"000092-52-4",96
 7=, 7, 27.5470, 0.3325,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",94
 8=, 8, 27.7258, 1.3079,"Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27284,"000582-16-1",97
 9=, 9, 27.9327, 1.4364,"Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27284,"000582-16-1",97
 10=, 10, 27.9916, 0.7666,"Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283,"000581-40-8",97
 11=, 11, 28.2274, 0.3940,"Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27309,"000575-41-7",97
 12=, 12, 28.2672, 0.1191,"Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27309,"000575-41-7",97
 13=, 13, 28.3805, 0.5635,"Biphenylene", 24421,"000259-79-0",90
 14=, 14, 28.4422, 0.1338,"Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27309,"000575-41-7",96
 15=, 15, 28.6757, 0.1346,"1,1'-Biphenyl, 4-methyl-", 35117,"000644-08-6",90
 16=, 16, 28.7138, 0.1901,"Benzene, 1,1'-ethylidenebis-", 44669,"000612-00-0",93
 17=, 17, 28.8649, 9.2820,"Biphenylene", 24424,"000259-79-0",80
 18=, 18, 29.0712, 0.2259,"Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482,"002131-42-2",94
 19=, 19, 29.1960, 0.1588,"1-Isopropenylnaphthalene", 35108,"001855-47-6",83
 20=, 20, 29.2820, 5.5442,"1(2H)-Acenaphthylenone", 35099,"002235-15-6",90
 21=, 21, 29.3521, 0.2342,"Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482,"002131-42-2",96
 22=, 22, 29.4357, 0.2637,"Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36489,"000829-26-5",97
 23=, 23, 29.6396, 0.2485,"Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482,"002131-42-2",98
 24=, 24, 29.7055, 0.1733,"Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36489,"000829-26-5",97
 25=, 25, 29.9189, 0.5161,"1,7-Dimethyl-3-phenyltricyclo[4.1.0.0(2,7)]hept-3-ene", 54599,"1000200-99-4",83
 26=, 26, 30.0268, 1.0426,"1,1'-Biphenyl, 4-(1-methylethyl)-", 54571,"007116-95-2",92
 27=, 27, 30.1504, 3.8515,"Fluorene", 33580,"000086-73-7",94
 28=, 28, 30.3049, 0.2154,"Naphthalene, 1-(2-propenyl)-", 35121,"002489-86-3",70



29=, 29, 30.4042, 0.3583, "1,1'-Biphenyl, 4-methyl-", 35116, "000644-08-6", 91
30=, 30, 30.5041, 0.2921, "1,1'-Biphenyl, 2-methyl-", 35119, "000643-58-3", 95
31=, 31, 30.5866, 0.5835, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 94
32=, 32, 30.7760, 0.8391, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 94
33=, 33, 30.9136, 0.3001, "1(2H)-Acenaphthylene", 35099, "002235-15-6", 70
34=, 34, 31.0723, 1.9367, "Naphthalene, 1,2,3-trimethyl-4-propenyl-, (E)-", 64495, "026137-53-1", 64
35=, 35, 31.2272, 0.2080, "2-Ethyl-5-methyl-3,3-diphenylpyrrolidine", 102043, "057100-29-5", 93
36=, 36, 31.3471, 0.4126, "Pentadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-", 104287, "001921-70-6", 96
37=, 37, 31.4315, 0.1460, "Benzene, 1,1'-(2-methyl-1-propenylidene)bis-", 63110, "000781-33-9", 96
38=, 38, 31.5535, 0.1239, "9H-Fluorene, 2-methyl-", 43237, "001430-97-3", 96
39=, 39, 31.9233, 0.5440, "9H-Fluoren-9-one", 43218, "000486-25-9", 93
40=, 40, 32.0584, 0.1656, "Benzene, 1,1'-(1,2-ethenediyl)bis[2-methyl-", 63108, "010311-74-7", 87
41=, 41, 32.2238, 0.8213, "Dibenzothiophene", 46034, "000132-65-0", 96
42=, 42, 32.5655, 10.6162, "Phenanthrene", 41763, "000085-01-8", 94
43=, 43, 32.6791, 1.0911, "Phenanthrene", 41767, "000085-01-8", 96
44=, 44, 32.9092, 0.1976, "7-Chloro-4-methoxy-3-methylquinoline", 61947, "1000213-52-2", 47
45=, 45, 33.1224, 0.1287, "5,6,7-Trimethoxy-1-indanone", 72420, "038472-90-1", 49
46=, 46, 33.8177, 0.4079, "Phenanthrene, 1-methyl-", 51408, "000832-69-9", 96
47=, 47, 33.8934, 0.2911, "Phenanthrene, 1-methyl-", 51408, "000832-69-9", 96
48=, 48, 34.1459, 0.7666, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50049, "000203-64-5", 94
49=, 49, 34.5206, 0.9642, "Benzo[c]cinnoline", 43153, "000230-17-1", 95
50=, 50, 35.0991, 0.1673, "4,4'-Diacetyl biphenyl", 83915, "000787-69-9", 91
51=, 51, 35.1434, 0.2683, "1H-Indole, 2,5-dimethyl-1-(trimethylsilyl)-", 69146, "074367-48-9", 38
52=, 52, 35.6166, 0.2531, "Cyclopenta(def)phenanthrenone", 60105, "005737-13-3", 76
53=, 53, 35.8246, 0.1455, "Benzocyclobutene, 1-bromo-1-methyl-", 54891, "1000161-76-4", 55
54=, 54, 36.0079, 12.3470, "Pyrene", 58554, "000129-00-0", 95
55=, 55, 36.2927, 0.3962, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 89
56=, 56, 36.5049, 0.2359, "1,6-Dimethylphenazine", 62906, "058718-43-7", 59
57=, 57, 36.8080, 9.2095, "Pyrene", 58554, "000129-00-0", 98
58=, 58, 37.2289, 0.7663, "Benzo[b]naphtho[2,3-d]furan", 69999, "000243-42-5", 91
59=, 59, 37.7647, 0.2988, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 90
60=, 60, 38.1507, 0.6485, "11H-Benzo[a]fluorene", 68696, "000238-84-6", 97
61=, 61, 38.4299, 0.2819, "Fluoranthene, 2-methyl-", 68702, "033543-31-6", 96
62=, 62, 38.6804, 0.3056, "Pyrene, 4-methyl-", 68686, "003353-12-6", 96
63=, 63, 40.6146, 0.3447, "11H-Benzo[a]fluoren-11-one", 78768, "000479-79-8", 97
64=, 64, 41.3893, 0.6060, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 98
65=, 65, 41.5296, 0.3040, "Benzo[c]phenanthrene", 77469, "000195-19-7", 92
66=, 66, 41.7756, 0.5263, "Benzene, [4-(3-ethynylphenyl)-1,3-butadiynyl]-", 76136, "1000115-87-3", 55
67=, 67, 42.3907, 0.2697, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 98
68=, 68, 42.6631, 0.2374, "Benzo(a)acridine", 78022, "000225-11-6", 90
69=, 69, 42.9756, 3.3499, "Benz[a]anthracene", 77467, "000056-55-3", 97
70=, 70, 43.2198, 3.6417, "Benz[a]anthracene", 77467, "000056-55-3", 96
71=, 71, 46.3451, 0.2636, "Chrysene, 6-methyl-", 86905, "003697-24-3", 96
72=, 72, 53.3021, 4.5819, "Benzo[e]pyrene", 93577, "000192-97-2", 97
73=, 73, 53.5246, 1.4659, "Benzo[a]pyrene", 93578, "000050-32-8", 98
74=, 74, 54.4545, 0.4586, "Benzo[e]pyrene", 93577, "000192-97-2", 95
75=, 75, 56.5843, 2.4472, "Benzo[e]pyrene", 93577, "000192-97-2", 93
76=, 76, 57.2297, 2.1822, "Benzo[a]pyrene", 93578, "000050-32-8", 98
77=, 77, 58.2200, 0.5652, "Perylene", 93575, "000198-55-0", 98
78=, 78, 77.7292, 1.3263, "Indeno[1,2,3-cd]pyrene", 109679, "000193-39-5", 98
79=, 79, 83.3906, 1.2658, "Benzo[ghi]perylene", 109676, "000191-24-2", 98



b7112 – 1st sampling

Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"

1=, 1, 8.3044, 0.0742,"Benzene", 1000,"000071-43-2",90

2=, 2, 13.6289, 0.0819,"Toluene", 2400,"000108-88-3",70

3=, 3, 15.8397, 0.0974,"2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-", 7951,"000123-42-2",39

4=, 4, 17.8796, 0.3303,"Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene", 4759,"000694-87-1",94

5=, 5, 20.5405, 0.2945,"Benzene, 2-propenyl-", 8682,"000300-57-2",94

6=, 6, 20.6320, 0.1234,"cis-.beta.-Methylstyrene", 8694,"000766-90-5",96

7=, 7, 21.6601, 0.6651,"Indene", 8167,"000095-13-6",94

8=, 8, 22.6239, 0.0626,"Benzene, (2-methyl-1-propenyl)-", 13616,"000768-49-0",95

9=, 9, 23.7856, 0.3744,"Cyclopentasiloxane, decamethyl-",161016,"000541-02-6",90

10=, 10, 24.3465, 1.6255,"Naphthalene", 11578,"000091-20-3",97

11=, 11, 24.4399, 0.0648,"Benzo[b]thiophene", 14778,"000095-15-8",95

12=, 12, 25.5999, 0.0618,"1H-Inden-1-one, 2,3-dihydro-", 14079,"000083-33-0",94

13=, 13, 26.0658, 0.0875,"Cyclopropanecarbonyl chloride, 2-phenyl-, trans-", 42864,"000939-87-7",72

14=, 14, 26.1682, 0.4280,"Naphthalene, 2-methyl-", 18568,"000091-57-6",96

15=, 15, 26.4324, 0.2086,"Naphthalene, 1-methyl-", 18566,"000090-12-0",96

16=, 16, 26.5589, 0.5163,"Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-",179152,"000540-97-6",90

17=, 17, 27.3043, 0.1470,"Biphenyl", 25992,"000092-52-4",95

18=, 18, 27.6232, 0.1441,"Naphthalene, 1-ethyl-", 27281,"001127-76-0",95

19=, 19, 27.8051, 0.2843,"Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27295,"000582-16-1",95

20=, 20, 28.0069, 0.2346,"Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27315,"000575-43-9",96

21=, 21, 28.0961, 0.2691,"Naphthalene, 2-ethenyl-", 25997,"000827-54-3",95

22=, 22, 28.3044, 0.1159,"Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27309,"000575-41-7",94

23=, 23, 28.4587, 1.5533,"Biphenylene", 24424,"000259-79-0",94

24=, 24, 28.9289, 1.0404,"Acenaphthene", 25995,"000083-32-9",94

25=, 25, 28.9949, 0.4143,"Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-",185541,"000107-50-6",90

26=, 26, 29.1364, 0.0919,"Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36490,"000829-26-5",83

27=, 27, 29.2718, 0.0726,"1-Isopropenyl-naphthalene", 35108,"001855-47-6",55

28=, 28, 29.3505, 0.6335,"Dibenzofuran", 35097,"000132-64-9",81

29=, 29, 29.5151, 0.0860,"3-(2-Methyl-propenyl)-1H-indene", 36493,"1000187-78-5",96

30=, 30, 29.6123, 0.0691,"1,1'-Biphenyl, 3-methyl-", 35115,"000643-93-6",42

31=, 31, 29.7134, 0.1897,"Diethyl Phthalate", 72412,"000084-66-2",89

32=, 32, 30.0003, 0.1883,"Fluorene-9-methanol", 54462,"024324-17-2",50

33=, 33, 30.1090, 0.0810,"Benzene, 1,2-dimethyl-4-(phenylmethyl)-", 54593,"013540-56-2",64

34=, 34, 30.2248, 0.5922,"Fluorene", 33580,"000086-73-7",97

35=, 35, 30.6000, 0.2300,"Fluorene", 33582,"000086-73-7",43

36=, 36, 30.6636, 0.1687,"Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605,"007320-53-8",92

37=, 37, 30.7509, 0.1407,"Eicosane",113492,"000112-95-8",42

38=, 38, 30.8545, 0.1671,"Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605,"007320-53-8",93

39=, 39, 30.9903, 0.3062,"1(2H)-Acenaphthylenone", 35099,"002235-15-6",86

40=, 40, 31.1469, 0.6112,"Naphthalene, 1,2,3-trimethyl-4-propenyl-, (E)-", 64495,"026137-53-1",64

41=, 41, 31.3113, 0.1249,"2-Ethylacridine", 62222,"055751-83-2",46

42=, 42, 31.4276, 0.4415,"Pentadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-",104288,"001921-70-6",97

43=, 43, 32.0039, 0.6040,"9H-Fluoren-9-one", 43217,"000486-25-9",93

44=, 44, 32.3053, 0.2546,"Dibenzothiophene", 46032,"000132-65-0",49

45=, 45, 32.6282, 0.9874,"Phenanthrene", 41763,"000085-01-8",97

46=, 46, 32.7563, 0.6621,"Phenanthrene", 41767,"000085-01-8",96

47=, 47, 32.9382, 0.4038,"1H-Indole-2-carboxylic acid, 6-(4-ethoxyphenyl)-3-methyl-4-oxo-4,5,6,7-tetrahydro-, isopropyl ester",154967,"1000316-17-5",50

48=, 48, 33.0974, 0.1160,"Silane, trimethyl[5-methyl-2-(1-methylethyl)phenoxy]-", 72681,"055012-80-1",49

49=, 49, 33.2027, 0.2354,"1,2-Benzenediol, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-", 72747,"001020-31-1",64

50=, 50, 33.2948, 0.1354,"2-Ethylacridine", 62222,"055751-83-2",50



51=, 51, 33.3330, 0.1378, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243, "000605-67-4", 45
 52=, 52, 33.4021, 0.1469, "2-Methyl-7-phenylindole", 62225, "001140-08-5", 64
 53=, 53, 33.4710, 0.1334, "5-Methyl-2-phenylindolizine", 62231, "036944-99-7", 46
 54=, 54, 33.5213, 0.1663, "1H-Indole, 5-methyl-2-phenyl-", 62237, "013228-36-9", 53
 55=, 55, 33.9055, 0.1830, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 46
 56=, 56, 33.9827, 0.1515, "Anthracene, 1-methyl-", 51394, "000610-48-0", 87
 57=, 57, 34.1119, 0.0949, "Acetamide, N-[4-(trimethylsilyl)phenyl]-", 62063, "017983-71-0", 50
 58=, 58, 34.2379, 0.4179, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50049, "000203-64-5", 96
 59=, 59, 34.6127, 0.0894, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 47
 60=, 60, 34.6592, 0.1311, "1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene", 72520, "017151-09-6", 45
 61=, 61, 34.7048, 0.2156, "Anthracene, 9,10-dihydro-9,9,10-trimethyl-", 73092, "014923-29-6", 55
 62=, 62, 35.2401, 0.2534, "2-Methyl-7-phenylindole", 62225, "001140-08-5", 55
 63=, 63, 35.6138, 0.1587, "5-Methyl-2-phenylindolizine", 62231, "036944-99-7", 70
 64=, 64, 35.7267, 0.4517, "Cyclopenta(def)phenanthrenone", 60105, "005737-13-3", 60
 65=, 65, 35.9272, 0.3062, "1H-Indole, 1-methyl-2-phenyl-", 62235, "003558-24-5", 53
 66=, 66, 36.0834, 4.5944, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 98
 67=, 67, 36.4051, 0.8120, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 96
 68=, 68, 36.6189, 0.3309, "3-Phenyl-2H-chromene", 63005, "006054-00-8", 62
 69=, 69, 36.6768, 0.0766, "Silane, 1,4-phenylenebis(trimethyl-", 72522, "013183-70-5", 47
 70=, 70, 36.8983, 4.6068, "Pyrene", 58555, "000129-00-0", 95
 71=, 71, 37.0139, 0.2163, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243, "000605-67-4", 49
 72=, 72, 37.1210, 0.1825, "4-Methyl-2-trimethylsilyloxy-acetophenone", 72510, "097389-70-3", 38
 73=, 73, 37.3852, 1.1044, "4-Azapyrene", 59093, "000194-03-6", 95
 74=, 74, 37.7748, 0.2047, "Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester", 121708, "003555-45-1", 43
 75=, 75, 37.8987, 0.6246, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 95
 76=, 76, 38.2860, 1.4679, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 96
 77=, 77, 38.5737, 0.7144, "11H-Benzo[b]fluorene", 68695, "000243-17-4", 95
 78=, 78, 38.8308, 0.7758, "Pyrene, 2-methyl-", 68687, "003442-78-2", 62
 79=, 79, 39.1684, 0.2225, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243, "000605-67-4", 60
 80=, 80, 39.2795, 0.2967, "Fluoranthene, 2-methyl-", 68702, "033543-31-6", 90
 81=, 81, 39.4230, 0.6885, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 56
 82=, 82, 40.3126, 0.2167, "Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester", 121708, "003555-45-1", 53
 83=, 83, 40.7849, 0.3527, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 38
 84=, 84, 41.5643, 0.8013, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 98
 85=, 85, 41.7151, 0.5426, "Cyclopenta(cd)pyrene, 3,4-dihydro-", 77470, "025732-74-5", 42
 86=, 86, 41.9482, 0.8318, "Cyclopenta[cd]pyrene", 76133, "027208-37-3", 49
 87=, 87, 42.5875, 0.4454, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 94
 88=, 88, 42.8422, 0.2794, "2-(Acetoxymethyl)-3-(methoxycarbonyl)biphenylene", 113217, "093103-70-9", 38
 89=, 89, 43.1369, 4.1746, "Benz[a]anthracene", 77467, "000056-55-3", 97
 90=, 90, 43.3694, 4.4508, "Triphenylene", 77462, "000217-59-4", 98
 91=, 91, 44.0780, 0.7951, "Triphenylene", 77463, "000217-59-4", 80
 92=, 92, 45.0368, 0.6108, "Naphtho[2,1,8,7-klmn]xanthene", 86885, "000191-37-7", 78
 93=, 93, 46.1736, 0.5007, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 38
 94=, 94, 46.2515, 0.5616, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243, "000605-67-4", 38
 95=, 95, 46.5893, 1.0016, "Chrysene, 6-methyl-", 86905, "003697-24-3", 95
 96=, 96, 46.8644, 0.5912, "Chrysene, 1-methyl-", 86909, "003351-28-8", 90
 97=, 97, 47.4244, 0.3763, "Dibenzo[c,e]thiepin, 5,7-dihydro-1,11-dimethyl-", 85458, "027720-88-3", 47
 98=, 98, 47.7841, 0.8037, "Cyclohexane, hexaethylidene-", 85536, "001482-93-5", 25
 99=, 99, 47.8910, 0.4001, "o-(p-(Dimethylamino)benzylideneamino)phenol", 85290, "023837-35-6", 42
 100=, 100, 48.3009, 0.2876, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73123, "000541-05-9", 47
 101=, 101, 48.3490, 0.5768, "5-Methyl-2-phenylindolizine", 62231, "036944-99-7", 46
 102=, 102, 51.2724, 0.2962, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 52
 103=, 103, 51.5569, 0.4526, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9", 38
 104=, 104, 53.5275, 9.6123, "Benz[e]acephenanthrylene", 93587, "000205-99-2", 99



105=,105, 53.7635, 3.3636, "Benz[e]acephenanthrylene", 93587, "000205-99-2",99
 106=,106, 54.7832, 1.7520, "Benzo[k]fluoranthene", 93584, "000207-08-9",96
 107=,107, 56.0949, 0.2623, "1H-Indole, 1-methyl-2-phenyl-", 62235, "003558-24-5",38
 108=,108, 56.1688, 0.5043, "Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester",121708, "003555-45-1",38
 109=,109, 56.8567, 6.1035, "Benzo[k]fluoranthene", 93584, "000207-08-9",96
 110=,110, 57.5040, 6.0487, "Benzo[k]fluoranthene", 93584, "000207-08-9",99
 111=,111, 58.5739, 2.1688, "Benzo[e]pyrene", 93577, "000192-97-2",97
 112=,112, 58.7608, 0.0830, "Trimethyl[4-(1,1,3,3,-tetramethylbutyl)phenoxy]silane",110723, "078721-87-6",43
 113=,113, 58.8174, 0.1704, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243, "000605-67-4",43
 114=,114, 59.7957, 0.3880, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9",46
 115=,115, 61.2487, 0.1504, "1,1,1,3,5,5,5-Heptamethyltrisiloxane", 73166, "001873-88-7",38
 116=,116, 61.5107, 0.1643, "11H-Indeno[2,1-a]phenanthrene",102891, "000220-97-3",47
 117=,117, 61.5421, 0.2126, "13H-Dibenzo[a,h]fluorene",102889, "000239-85-0",38
 118=,118, 65.8187, 0.7317, "Cyclotrisiloxane, hexamethyl-", 73121, "000541-05-9",30
 119=,119, 75.9997, 0.0467, "Benzo[b]triphenylene",110875, "000215-58-7",92
 120=,120, 76.0613, 0.1021, "Benzo[b]triphenylene",110875, "000215-58-7",91
 121=,121, 76.1339, 0.0514, "N-Methyl-1-adamantaneacetamide", 62175, "031897-93-5",78
 122=,122, 76.2145, 0.0669, "Indeno[1,2,3-cd]pyrene",109679, "000193-39-5",74
 123=,123, 78.1750, 5.3241, "Indeno[1,2,3-cd]pyrene",109679, "000193-39-5",98
 124=,124, 78.6381, 0.1132, "Benzo[b]triphenylene",110873, "000215-58-7",93
 125=,125, 78.6638, 0.0401, "1,2:7,8-Dibenzophenanthrene",110885, "000213-46-7",90
 126=,126, 78.7422, 0.0341, "Benzo[b]chrysene",110870, "000214-17-5",59
 127=,127, 80.7204, 0.4292, "Dibenz[a,h]anthracene",110879, "000053-70-3",59
 128=,128, 80.7791, 0.2950, "Benzo[b]triphenylene",110873, "000215-58-7",59
 129=,129, 81.3696, 0.0938, "1,2:7,8-Dibenzophenanthrene",110885, "000213-46-7",55
 130=,130, 81.4085, 0.0707, "1,2:7,8-Dibenzophenanthrene",110885, "000213-46-7",59
 131=,131, 81.4782, 0.0172, "2,4,6-Cycloheptatrien-1-one, 3,5-bis-trimethylsilyl-", 91822, "1000161-21-8",38
 132=,132, 83.8526, 3.0075, "Benzo[ghi]perylene",109673, "000191-24-2",99
 133=,133, 83.8825, 2.3931, "Benzo[ghi]perylene",109673, "000191-24-2",99

b7112 – 2nd sampling

Header="PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"
 1=, 1, 8.7924, 0.1384, "Benzene, fluoro-", 2726, "000462-06-6",90
 2=, 2, 15.8287, 0.1193, "2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-", 7951, "000123-42-2",39
 3=, 3, 17.8701, 0.2429, "Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene", 4758, "000694-87-1",97
 4=, 4, 20.5321, 0.1592, "Benzene, 1-ethenyl-3-methyl-", 8700, "000100-80-1",97
 5=, 5, 21.6506, 0.4962, "Indene", 8169, "000095-13-6",96
 6=, 6, 24.3405, 2.5639, "Naphthalene", 11576, "000091-20-3",97
 7=, 7, 24.4313, 0.0769, "Benzo[b]thiophene", 14778, "000095-15-8",94
 8=, 8, 26.0560, 0.1119, "3-Bromo-1-phenyl-1-propene", 54887, "004392-24-9",72
 9=, 9, 26.1596, 1.1057, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6",96
 10=, 10, 26.4238, 0.9586, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566, "000090-12-0",96
 11=, 11, 27.2963, 0.1206, "Biphenyl", 25992, "000092-52-4",95
 12=, 12, 27.6171, 0.4270, "Naphthalene, 1-ethyl-", 27281, "001127-76-0",95
 13=, 13, 27.7948, 1.1538, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0",98
 14=, 14, 27.9988, 1.0566, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27299, "000581-40-8",97
 15=, 15, 28.0593, 0.6952, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0",98
 16=, 16, 28.2964, 0.4355, "Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27309, "000575-41-7",96
 17=, 17, 28.4512, 1.2571, "Biphenylene", 24424, "000259-79-0",93
 18=, 18, 28.5126, 0.1228, "Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27293, "000575-41-7",96
 19=, 19, 28.7433, 0.0616, "1H-Inden-1-one, 2,3-dihydro-3,3,5,6-tetramethyl-", 48732, "054789-22-9",49
 20=, 20, 28.7820, 0.1125, "Benzenepropanenitrile, .beta.-phenyl-", 62244, "002286-54-6",95
 21=, 21, 28.9223, 4.3407, "Acenaphthene", 25995, "000083-32-9",94



22=, 22, 29.1351, 0.1966, "3-(2-Methyl-propenyl)-1H-indene", 36493, "1000187-78-5", 93
 23=, 23, 29.2638, 0.1484, "1-Isopropenyl-naphthalene", 35108, "001855-47-6", 86
 24=, 24, 29.3423, 2.3911, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 87
 25=, 25, 29.4234, 0.1687, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 98
 26=, 26, 29.5071, 0.1804, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 97
 27=, 27, 29.7079, 0.2601, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 96
 28=, 28, 29.7767, 0.1216, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 98
 29=, 29, 29.9900, 0.3200, "Fluorene-9-methanol", 54462, "024324-17-2", 42
 30=, 30, 30.0960, 0.4471, "1,1'-Biphenyl, 4-(1-methylethyl)-", 54571, "007116-95-2", 95
 31=, 31, 30.2156, 1.8800, "Fluorene", 33582, "000086-73-7", 96
 32=, 32, 30.3766, 0.1664, "Benzene, [1-(2,4-cyclopentadien-1-ylidene)ethyl]-", 35123, "002320-32-3", 76
 33=, 33, 30.4761, 0.2642, "1,1'-Biphenyl, 2-methyl-", 35119, "000643-58-3", 96
 34=, 34, 30.5773, 0.2674, "Fluorene, 2,4a-dihydro-", 35107, "059247-36-8", 90
 35=, 35, 30.6577, 0.3602, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 94
 36=, 36, 30.7431, 0.1286, "Eicosane", 113488, "000112-95-8", 42
 37=, 37, 30.8470, 0.4384, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 93
 38=, 38, 30.9818, 0.3648, "1(2H)-Acenaphthylene", 35099, "002235-15-6", 83
 39=, 39, 31.1425, 0.6520, "2-(p-Tolylmethyl)-p-xylene", 64473, "000721-45-9", 86
 40=, 40, 31.4189, 0.4286, "Pentadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-", 104287, "001921-70-6", 99
 41=, 41, 31.6256, 0.0968, "9H-Fluorene, 1-methyl-", 43232, "001730-37-6", 97
 42=, 42, 31.9958, 0.5577, "9H-Fluoren-9-one", 43217, "000486-25-9", 95
 43=, 43, 32.2981, 0.4473, "Naphtho[2,3-b]thiophene", 46038, "000268-77-9", 96
 44=, 44, 32.6208, 2.9611, "Phenanthrene", 41763, "000085-01-8", 97
 45=, 45, 32.7481, 0.9207, "Anthracene", 41762, "000120-12-7", 97
 46=, 46, 32.9049, 0.1306, "4-Benzylphenylacetonitrile", 62229, "101096-72-4", 76
 47=, 47, 32.9811, 0.1376, "N,N-Dimethyl-4-nitroso-3-(trimethylsilyl)aniline", 72386, "017993-84-9", 60
 48=, 48, 33.1951, 0.2222, "Silane, trimethyl[5-methyl-2-(1-methylethyl)phenoxy]-", 72681, "055012-80-1", 55
 49=, 49, 33.2857, 0.1458, "6-Phenylbenzocyclohepten-7-one", 80007, "093327-56-1", 35
 50=, 50, 33.8969, 0.2881, "Phenanthrene, 1-methyl-", 51408, "000832-69-9", 95
 51=, 51, 33.9741, 0.2555, "Phenanthrene, 1-methyl-", 51408, "000832-69-9", 96
 52=, 52, 34.1009, 0.1501, "Phenanthrene, 3-methyl-", 51409, "000832-71-3", 95
 53=, 53, 34.2285, 0.6824, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50049, "000203-64-5", 95
 54=, 54, 34.6001, 0.2578, "9,10-Anthracenedione", 62993, "000084-65-1", 96
 55=, 55, 34.6451, 0.2627, "9,10-Bis(bromomethyl)anthracene", 157788, "034373-96-1", 58
 56=, 56, 35.2306, 0.2294, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 46
 57=, 57, 35.7148, 0.4068, "Cyclopenta(def)phenanthrenone", 60105, "005737-13-3", 90
 58=, 58, 36.0746, 5.5081, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 98
 59=, 59, 36.3927, 0.6451, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 96
 60=, 60, 36.6090, 0.2961, "Caprolactone oxime, (NB)-O-[(diethylboryloxy)(ethyl)boryl]-", 83018, "1000161-37-6", 58
 61=, 61, 36.8885, 5.0003, "Pyrene", 58555, "000129-00-0", 95
 62=, 62, 37.3217, 1.2382, "p-Terphenyl-d14", 88113, "001718-51-0", 98
 63=, 63, 37.7591, 0.1435, "Benzo[b]naphtho[2,3-d]furan", 69999, "000243-42-5", 52
 64=, 64, 37.8796, 0.4643, "Pyrene, 1-methyl-", 68689, "002381-21-7", 94
 65=, 65, 38.2721, 1.1871, "Fluoranthene, 2-methyl-", 68702, "033543-31-6", 96
 66=, 66, 38.5588, 0.5972, "Fluoranthene, 2-methyl-", 68702, "033543-31-6", 95
 67=, 67, 38.8116, 0.5534, "Pyrene, 2-methyl-", 68687, "003442-78-2", 92
 68=, 68, 39.2607, 0.1843, "Pyrene, 4-methyl-", 68691, "003353-12-6", 96
 69=, 69, 39.4049, 0.3439, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 83
 70=, 70, 40.7689, 0.3925, "11H-Benzo[a]fluoren-11-one", 78768, "000479-79-8", 74
 71=, 71, 41.5464, 0.7095, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 98
 72=, 72, 41.6968, 0.4607, "Chrysene", 77457, "000218-01-9", 55
 73=, 73, 41.9351, 0.7847, "Cyclopenta[cd]pyrene", 76133, "027208-37-3", 52
 74=, 74, 42.5692, 0.3958, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 96



75=, 75, 42.8287, 0.2676, "Benz[c]acridine", 78021, "000225-51-4", 83
 76=, 76, 43.1236, 3.8645, "Triphenylene", 77463, "000217-59-4", 98
 77=, 77, 43.3571, 3.9828, "Chrysene", 77457, "000218-01-9", 98
 78=, 78, 44.0571, 0.8827, "Triphenylene", 77463, "000217-59-4", 83
 79=, 79, 45.0109, 0.3492, "Naphtho[2,1,8,7-klmn]xanthene", 86885, "000191-37-7", 93
 80=, 80, 46.1544, 0.3497, "9-Fluorenone-4-carbonyl chloride", 86617, "007071-83-2", 47
 81=, 81, 46.2295, 0.3941, "Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl-", 62243, "000605-67-4", 38
 82=, 82, 46.5708, 0.7423, "Benz[a]anthracene, 7-methyl-", 86927, "002541-69-7", 93
 83=, 83, 46.8488, 0.4507, "Chrysene, 1-methyl-", 86909, "003351-28-8", 89
 84=, 84, 47.3909, 0.4387, "2-Propen-1-one, 1-(2-hydroxyphenyl)-3-(4-hydroxyphenyl)-", 85260, "013323-66-5", 32
 85=, 85, 47.7663, 1.0738, "5,6-Dimethyl-4-phenyl-3-cyanopyridine-2(1H)-thione", 85129, "094639-18-6", 47
 86=, 86, 48.3513, 0.6175, "Silicic acid, diethyl bis(trimethylsilyl) ester", 121708, "003555-45-1", 38
 87=, 87, 51.5100, 0.3754, "3-Chloro-11H-pyrido[3',2'-4,5]pyrrolo[3,2-c]quinoline", 93968, "1000212-59-4", 27
 88=, 88, 53.5096, 8.0247, "Benzo[e]pyrene", 93577, "000192-97-2", 99
 89=, 89, 53.7432, 2.6329, "Benz[e]acephenanthrylene", 93587, "000205-99-2", 99
 90=, 90, 54.7507, 1.6394, "Benzo[k]fluoranthene", 93584, "000207-08-9", 99
 91=, 91, 56.1419, 0.5881, "Dinaphtho[1,2-b:1',2'-d]furan", 104292, "000207-93-2", 56
 92=, 92, 56.8248, 4.9827, "Benzo[k]fluoranthene", 93584, "000207-08-9", 98
 93=, 93, 57.4793, 5.1332, "Benzo[e]pyrene", 93577, "000192-97-2", 99
 94=, 94, 58.5302, 1.4748, "Perylene", 93575, "000198-55-0", 99
 95=, 95, 65.7768, 0.6099, "3,4-Dibromobenzaldehyde", 100279, "074003-55-7", 30
 96=, 96, 75.9767, -0.2214, "Benzo[b]chrysene", 110870, "000214-17-5", 93
 97=, 97, 76.0123, 0.0028, "Benzo[b]triphenylene", 110875, "000215-58-7", 94
 98=, 98, 78.1517, 4.3556, "Indeno[1,2,3-cd]pyrene", 109679, "000193-39-5", 99
 99=, 99, 78.5944, 0.1239, "Dibenz[a,h]anthracene", 110877, "000053-70-3", 95
 100=, 100, 80.6710, 0.4922, "1,2:7,8-Dibenzophenanthrene", 110883, "000213-46-7", 93
 101=, 101, 83.8502, 4.3742, "Benzo[ghi]perylene", 109673, "000191-24-2", 99

b7112 – 3rd sampling

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"
 1=, 1, 8.6568, 0.5542, "Benzene, fluoro-", 2726, "000462-06-6", 90
 2=, 2, 15.7749, 0.5854, "(+)-4-Amino-4,5-dihydro-2(3H)-furanone", 3959, "016504-58-8", 9
 3=, 3, 17.8115, 0.2449, "Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene", 4759, "000694-87-1", 94
 4=, 4, 20.4792, 0.1233, "Benzene, 1-ethenyl-3-methyl-", 8700, "000100-80-1", 91
 5=, 5, 21.5992, 0.6303, "Indene", 8169, "000095-13-6", 94
 6=, 6, 22.7535, 1.5755, "Octafluoronaphthalene", 106366, "000313-72-4", 97
 7=, 7, 23.0572, 0.1385, "Benzene, (1-nitroethyl)-", 23813, "007214-61-1", 86
 8=, 8, 23.7280, 0.2022, "Cyclopentasiloxane, decamethyl-", 161016, "000541-02-6", 90
 9=, 9, 24.2898, 0.8437, "Naphthalene", 11576, "000091-20-3", 94
 10=, 10, 24.7772, 0.0763, "Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-", 14423, "000099-87-6", 86
 11=, 11, 26.0070, 0.3837, "Benzene, 1-butenyl-, (E)-", 13605, "001005-64-7", 72
 12=, 12, 26.1099, 0.1960, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 97
 13=, 13, 26.3741, 0.0765, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 97
 14=, 14, 26.5006, 0.2048, "Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-", 179152, "000540-97-6", 91
 15=, 15, 27.2471, 0.0981, "Biphenyl", 25988, "000092-52-4", 96
 16=, 16, 27.9490, 0.0652, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27315, "000575-43-9", 96
 17=, 17, 28.0403, 0.1470, "Naphthalene, 2-ethenyl-", 25997, "000827-54-3", 96
 18=, 18, 28.4029, 1.2743, "Biphenylene", 24421, "000259-79-0", 90
 19=, 19, 28.8707, 0.3284, "Acenaphthene", 25994, "000083-32-9", 94
 20=, 20, 28.9362, 0.1432, "Trisiloxane, 1,1,1,5,5,5-hexamethyl-3,3-bis[(trimethylsilyl)oxy]-", 166198, "003555-47-3", 43
 21=, 21, 29.2918, 0.2874, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 91



22=, 22, 29.6556, 0.2002, "Diethyl Phthalate", 72414, "000084-66-2", 95
 23=, 23, 30.0541, 0.0733, "Hexadecane", 76088, "000544-76-3", 92
 24=, 24, 30.1661, 0.1974, "Fluorene", 33582, "000086-73-7", 94
 25=, 25, 30.6043, 0.1735, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 78
 26=, 26, 30.9322, 0.2570, "1(2H)-Acenaphthylene", 35099, "002235-15-6", 91
 27=, 27, 31.0909, 0.3582, "1,1'-Biphenyl, 2,2',5,5'-tetramethyl-", 64482, "003075-84-1", 96
 28=, 28, 31.2399, 0.1492, "Eicosane", 113490, "000112-95-8", 91
 29=, 29, 31.3693, 0.1259, "Pentadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-", 104288, "001921-70-6", 96
 30=, 30, 31.9455, 0.4499, "9H-Fluoren-9-one", 43218, "000486-25-9", 92
 31=, 31, 32.2504, 0.1765, "Dibenzothiophene", 46033, "000132-65-0", 70
 32=, 32, 32.3552, 0.0881, "Octadecane", 94929, "000593-45-3", 92
 33=, 33, 32.5704, 0.8036, "Phenanthrene", 41767, "000085-01-8", 96
 34=, 34, 32.7000, 0.6458, "Phenanthrene", 41767, "000085-01-8", 96
 35=, 35, 32.8635, 0.3143, "4-Benzylphenylacetonitrile", 62229, "101096-72-4", 43
 36=, 36, 33.2878, 0.2439, "1,2-Acenaphthylene-dione", 44588, "000082-86-0", 95
 37=, 37, 33.4178, 0.2136, "Eicosane", 113492, "000112-95-8", 95
 38=, 38, 33.8421, 0.1576, "Phenanthrene, 2-methyl-", 51411, "002531-84-2", 89
 39=, 39, 33.9185, 0.1278, "Anthracene, 2-methyl-", 51396, "000613-12-7", 95
 40=, 40, 34.0456, 0.1316, "Anthracene, 1-methyl-", 51403, "000610-48-0", 97
 41=, 41, 34.1720, 0.5344, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50049, "000203-64-5", 95
 42=, 42, 34.5432, 0.3172, "9H-Fluoren-9-one", 43215, "000486-25-9", 92
 43=, 43, 34.5842, 0.1529, "Terephthalamide, N,N'-di-t-butyl-", 109440, "328262-31-3", 55
 44=, 44, 34.6395, 0.2454, "Octasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13,15,15-hexadecamethyl-", 187862, "019095-24-0", 27
 45=, 45, 35.1765, 0.2144, "1,8-Naphthalic anhydride", 55794, "000081-84-5", 93
 46=, 46, 35.5418, 0.1502, "9,10-Dimethylanthracene", 61583, "000781-43-1", 91
 47=, 47, 35.6549, 0.6335, "Cyclopenta(def)phenanthrenone", 60105, "005737-13-3", 87
 48=, 48, 36.0208, 6.6645, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 98
 49=, 49, 36.3278, 0.7790, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 94
 50=, 50, 36.5374, 0.1793, "(5,6,7-Trimethyl-[1,2,4]triazolo[1,5-a]pyrimidin-2-ylsulfanyl)-acetic acid", 92835, "1000301-18-7", 64
 51=, 51, 36.5912, 0.2316, "Benzene, 1,1'-(1,3-butadiene-1,4-diyl)bis-", 58559, "000886-66-8", 60
 52=, 52, 36.8316, 6.7393, "Pyrene", 58555, "000129-00-0", 95
 53=, 53, 37.0363, 0.1256, "Benzo[b]naphtho[2,3-d]furan", 70001, "000243-42-5", 78
 54=, 54, 37.2530, 4.1650, "p-Terphenyl-d14", 88113, "001718-51-0", 98
 55=, 55, 37.6814, 0.1711, "Benzo[k]xanthene", 69996, "000200-23-7", 96
 56=, 56, 37.8025, 0.4602, "Pyrene, 1-methyl-", 68692, "002381-21-7", 98
 57=, 57, 38.1963, 1.5850, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 98
 58=, 58, 38.4792, 0.7989, "Fluoranthene, 2-methyl-", 68702, "033543-31-6", 96
 59=, 59, 38.7350, 0.7271, "Pyrene, 4-methyl-", 68686, "003353-12-6", 95
 60=, 60, 39.1746, 0.3118, "Pyrene, 4-methyl-", 68691, "003353-12-6", 96
 61=, 61, 39.3128, 0.4578, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 93
 62=, 62, 39.8061, 0.1837, "Bicyclo[4.2.1]nona-2,4,7-triene, 9-(phenylseleno)-, syn-", 108045, "072065-43-1", 50
 63=, 63, 40.3603, 0.2821, "5,6-Dihydrochrysen", 78795, "002091-92-1", 50
 64=, 64, 40.6817, 0.4878, "11H-Benzo[a]fluoren-11-one", 78768, "000479-79-8", 94
 65=, 65, 41.4479, 0.8999, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 98
 66=, 66, 41.5901, 0.5402, "Purine-6(1H)-thione, 3,7-dimethylseleno-", 77563, "023663-58-3", 74
 67=, 67, 41.8372, 1.0983, "Benzene, [4-(3-ethynylphenyl)-1,3-butadiynyl]-", 76136, "1000115-87-3", 60
 68=, 68, 42.4611, 0.4794, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 95
 69=, 69, 42.7286, 0.4666, "1-Naphthalenecarboxylic acid, 8-(dimethylamino)-, methyl ester", 77956, "069674-55-1", 94
 70=, 70, 43.0378, 5.3854, "Triphenylene", 77463, "000217-59-4", 98
 71=, 71, 43.2735, 5.0168, "Triphenylene", 77462, "000217-59-4", 97
 72=, 72, 43.8850, 1.5039, "7H-Benz[de]anthracen-7-one", 78772, "000082-05-3", 98



73=, 73, 44.8952, 0.4345, "Naphtho[2,1,8,7-klmn]xanthene", 86885, "000191-37-7", 90
 74=, 74, 46.0062, 0.2558, "Benz[a]anthracene, 7-methyl-", 86918, "002541-69-7", 70
 75=, 75, 46.4379, 0.9503, "Chrysene, 1-methyl-", 86909, "003351-28-8", 98
 76=, 76, 46.7137, 0.4563, "Chrysene, 6-methyl-", 86905, "003697-24-3", 91
 77=, 77, 47.2586, 0.5357, "Benz[a]anthracene, 1,2,3,4,7,7a,8,9,10,11,11a,12-dodecahydro-", 85557, "016452-37-2", 94
 78=, 78, 47.6272, 0.8525, "Bicyclo[5.1.0]octane-8,8-dicarbonitrile, 1-(1-cyclopenten-3-on-1-yl)-", 85318, "159380-93-5", 74
 79=, 79, 47.7430, 0.5229, "Cyclohexane, hexaethylidene-", 85536, "001482-93-5", 93
 80=, 80, 51.3796, 0.3269, "Plumbane, trimethyl(1-methylpropyl)-", 131195, "054964-76-0", 52
 81=, 81, 53.4509, 10.1005, "Benzo[k]fluoranthene", 93584, "000207-08-9", 97
 82=, 82, 53.6581, 3.4041, "Benzo[a]pyrene", 93578, "000050-32-8", 98
 83=, 83, 54.2737, 0.4187, ".beta.-(1-Naphthyl)acrylic acid", 55816, "013026-12-5", 38
 84=, 84, 54.6183, 1.9599, "Benzo[e]pyrene", 93577, "000192-97-2", 96
 85=, 85, 55.9677, 0.6453, "Dinaphtho[1,2-b:1',2'-d]furan", 104290, "000207-93-2", 46
 86=, 86, 56.7541, 6.1754, "Benzo[k]fluoranthene", 93584, "000207-08-9", 91
 87=, 87, 57.4198, 6.5377, "Benzo[e]pyrene", 93577, "000192-97-2", 98
 88=, 88, 58.3946, 2.7411, "Benz[e]acephenanthrylene", 93587, "000205-99-2", 98
 89=, 89, 65.5661, 0.6050, "5H-Dibenzo[c,f][1,2]diazepine, 3,8-dichloro-6,11-dihydro-", 100984, "000955-66-8", 43
 90=, 90, 78.1013, 3.5109, "Indeno[1,2,3-cd]pyrene", 109679, "000193-39-5", 98
 91=, 91, 78.4059, 0.1034, "Benzo[b]triphenylene", 110875, "000215-58-7", 96
 92=, 92, 80.3829, -0.1485, "Pentaphene", 110869, "000222-93-5", 97
 93=, 93, 83.8127, 3.8564, "Benzo[ghi]perylene", 109673, "000191-24-2", 99
 94=, 94, 86.7172, 0.7005, "Dibenzo[def,mno]chrysene", 109680, "000191-26-4", 96

b7113 – 1st sampling

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"
 1=, 1, 17.7832, 0.0683, "Styrene", 4750, "000100-42-5", 94
 2=, 2, 20.4538, 0.0474, "Benzene, 1-ethenyl-4-methyl-", 8702, "000622-97-9", 92
 3=, 3, 21.5722, 0.1742, "Benzene, 1-propynyl-", 8173, "000673-32-5", 91
 4=, 4, 23.7067, 0.1489, "Benzoic acid, 2-[(trimethylsilyloxy)-, trimethylsilyl ester", 112909, "003789-85-3", 43
 5=, 5, 24.2640, 0.8580, "Naphthalene", 11576, "000091-20-3", 95
 6=, 6, 25.9814, 0.0638, "3-Bromo-1-phenyl-1-propene", 54887, "004392-24-9", 78
 7=, 7, 26.0841, 0.2135, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 97
 8=, 8, 26.3488, 0.1194, "Naphthalene, 1-methyl-", 18566, "000090-12-0", 97
 9=, 9, 26.4805, 0.2824, "Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-", 179152, "000540-97-6", 91
 10=, 10, 27.2218, 0.1211, "Biphenyl", 25988, "000092-52-4", 94
 11=, 11, 27.5424, 0.1083, "Naphthalene, 1,3-dimethyl-", 27293, "000575-41-7", 94
 12=, 12, 27.7225, 0.3060, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314, "000575-43-9", 96
 13=, 13, 27.9248, 0.3272, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27294, "000582-16-1", 96
 14=, 14, 27.9849, 0.2255, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27315, "000575-43-9", 95
 15=, 15, 28.2216, 0.1410, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27294, "000582-16-1", 95
 16=, 16, 28.3747, 0.5196, "Biphenylene", 24421, "000259-79-0", 90
 17=, 17, 28.6664, 0.0859, "1,1'-Biphenyl, 4-methyl-", 35117, "000644-08-6", 94
 18=, 18, 28.8455, 1.4119, "Acenaphthene", 25994, "000083-32-9", 93
 19=, 19, 28.9160, 0.3147, "Pentasiloxane, dodecamethyl-", 166195, "000141-63-9", 47
 20=, 20, 29.0614, 0.1749, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 94
 21=, 21, 29.1877, 0.1279, "1-Isopropenyl-naphthalene", 35108, "001855-47-6", 64
 22=, 22, 29.2667, 1.0881, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 91
 23=, 23, 29.3487, 0.1807, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 96
 24=, 24, 29.4322, 0.2360, "Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36489, "000829-26-5", 97
 25=, 25, 29.6362, 0.2449, "Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36485, "002245-38-7", 97
 26=, 26, 29.7029, 0.1794, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 98



27=, 27, 29.8723, 0.1490,"Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-", 36488,"000829-26-5",91
28=, 28, 29.9143, 0.3360,"Benzene, 1,1'-methylenebis[4-methyl-", 54585,"004957-14-6",70
29=, 29, 30.0234, 0.5758,"Benzene, 1,2-dimethyl-4-(phenylmethyl)-", 54593,"013540-56-2",93
30=, 30, 30.1398, 1.0211,"Fluorene", 33581,"000086-73-7",93
31=, 31, 30.1962, 0.1363,"Naphthalene, 1,4,5-trimethyl-", 36481,"002131-41-1",91
32=, 32, 30.3005, 0.2575,"Naphthalene, 2-(1-methylethenyl)-", 35122,"003710-23-4",80
33=, 33, 30.3979, 0.3270,"1,1'-Biphenyl, 3-methyl-", 35114,"000643-93-6",86
34=, 34, 30.5041, 0.3101,"1,1'-Biphenyl, 2-methyl-", 35111,"000643-58-3",90
35=, 35, 30.5826, 0.4254,"Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605,"007320-53-8",93
36=, 36, 30.6683, 0.2481,"Nonadecane, 9-methyl-",113498,"013287-24-6",78
37=, 37, 30.7718, 0.6512,"Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605,"007320-53-8",94
38=, 38, 30.9120, 0.3427,"Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605,"007320-53-8",46
39=, 39, 31.0678, 2.0463,"Naphthalene, 1,2,3-trimethyl-4-propenyl-, (E)-", 64495,"026137-53-1",90
40=, 40, 31.1581, 0.2052,"Dibenz[c,e]oxepin, 5,7-dihydro-", 54479,"001136-22-7",64
41=, 41, 31.2209, 0.3235,"Benzene, 1,1'-(1-butenylidene)bis-", 63092,"001726-14-3",30
42=, 42, 31.3455, 0.7304,"Octadecane, 2,6-dimethyl-",113501,"075163-97-2",96
43=, 43, 31.4298, 0.3228,"Benzene, 1,1'-(2-methyl-1-propenylidene)bis-", 63110,"000781-33-9",64
44=, 44, 31.5499, 0.3084,"9H-Fluorene, 2-methyl-", 43235,"001430-97-3",94
45=, 45, 31.6472, 0.2976,"Phenol, 4-(2-phenylethenyl)-, (E)-", 54501,"006554-98-9",55
46=, 46, 31.7724, 0.3243,"Benzenethiol, 4-(1,1-dimethylethyl)-2-methyl-", 43020,"015570-10-2",62
47=, 47, 31.8800, 0.2907,"1,5,6,7-Tetramethyl-3-phenylbicyclo[3.2.0]hepta-2,6-diene", 74556,"126584-00-7",78
48=, 48, 31.9197, 0.5425,"Biphenylene", 24423,"000259-79-0",83
49=, 49, 31.9848, 0.3177,"8-Dimethylaminonaphthalene-1-carbonitrile", 54414,"128644-69-9",64
50=, 50, 32.0526, 0.3076,"Benzene, 1,1'-(3-methyl-1-propene-1,3-diyl)bis-", 63118,"007614-93-9",64
51=, 51, 32.1757, 0.4722,"8-Dimethylaminonaphthalene-1-carbonitrile", 54414,"128644-69-9",55
52=, 52, 32.2191, 0.7101,"Dibenzothiophene", 46034,"000132-65-0",91
53=, 53, 32.3307, 0.4460,"Pentadecane, 3-methyl-", 76102,"002882-96-4",60
54=, 54, 32.5451, 3.9925,"Phenanthrene", 41767,"000085-01-8",96
55=, 55, 32.6707, 1.2627,"Phenanthrene", 41767,"000085-01-8",95
56=, 56, 32.8586, 0.4963,"Morphinan, 7,8-didehydro-4,5-epoxy-17-methyl-3,6-bis[(trimethylsilyl)oxy]-, (5.alpha.,6.alpha.)-",177057,"055449-66-6",46
57=, 57, 32.9071, 0.3941,"1,2-Benzenediol, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-", 72749,"001020-31-1",49
58=, 58, 32.9925, 0.3481,"1,3-Pentadiene, 1,1-diphenyl-, (Z)-", 71519,"015295-31-5",83
59=, 59, 33.1193, 0.4803,"1,4-Benzenediol, 2,5-bis(1,1-dimethylethyl)-", 72748,"000088-58-4",53
60=, 60, 33.2045, 0.3529,"5H-Dibenzo[a,d]cycloheptene, 5-methylene-", 60129,"002975-79-3",86
61=, 61, 33.2387, 0.1892,"3H-Pyrrolo[3,2-H]quinoline, 2,3,3-trimethyl-", 64357,"083958-38-7",60
62=, 62, 33.3160, 0.4037,"Methanamine, N-(diphenylethenylidene)-", 62245,"013911-54-1",30
63=, 63, 33.3930, 0.3302,"Tetradecane", 55972,"000629-59-4",90
64=, 64, 33.4278, 0.5338,"1,2,3,4-Tetrahydrobenzo[a]fluorene", 71518,"006567-09-5",93
65=, 65, 33.8148, 0.9166,"Anthracene, 2-methyl-", 51397,"000613-12-7",96
66=, 66, 33.8898, 0.6335,"Anthracene, 2-methyl-", 51397,"000613-12-7",96
67=, 67, 34.0176, 0.3807,"Phenanthrene, 1-methyl-", 51415,"000832-69-9",94
68=, 68, 34.1402, 1.3561,"4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50049,"000203-64-5",93
69=, 69, 34.5148, 0.4686,"9H-Fluoren-9-one", 43217,"000486-25-9",96
70=, 70, 34.5560, 0.4809,"6-Phenylbenzocyclohepten-7-one", 80007,"093327-56-1",64
71=, 71, 35.0983, 0.3829,"4-tert-Butyl-benzophenone", 84018,"022679-54-5",53
72=, 72, 35.1396, 0.5674,"4-Amino-7-diethylamino-chromen-2-one", 79760,"107995-76-6",45
73=, 73, 35.2543, 0.2911,"di-p-Tolylacetylene", 61575,"002789-88-0",93
74=, 74, 35.5048, 0.6179,"9,10-Dimethylantracene", 61583,"000781-43-1",91
75=, 75, 35.6090, 0.8937,"[1,1'-Biphenyl]-2-ol, 5-chloro-", 59605,"000607-12-5",46
76=, 76, 35.9780,11.7569,"Fluoranthene", 58557,"000206-44-0",95
77=, 77, 36.0709, 0.4258,"Naphthalene, 1-(phenylmethyl)-", 70031,"000611-45-0",56
78=, 78, 36.2848, 0.6952,"Benzene, 1,1'-(1,3-butadiene-1,4-diyl)bis-", 58560,"000886-66-8",95



79=, 79, 36.4986, 0.5788, "(5,6,7-Trimethyl-[1,2,4]triazolo[1,5-a]pyrimidin-2-ylsulfanyl)-acetic acid", 92835, "1000301-18-7", 64
 80=, 80, 36.7808, 9.2049, "Pyrene", 58555, "000129-00-0", 89
 81=, 81, 36.9957, 0.4017, "Benzo[k]xanthene", 69996, "000200-23-7", 97
 82=, 82, 37.2341, 1.0103, "Benzo[k]xanthene", 69996, "000200-23-7", 93
 83=, 83, 37.6397, 0.3676, "Benzo[b]naphtho[2,3-d]furan", 70001, "000243-42-5", 50
 84=, 84, 37.7616, 0.7859, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 97
 85=, 85, 38.1451, 1.5355, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 96
 86=, 86, 38.4308, 0.8584, "11H-Benzo[b]fluorene", 68695, "000243-17-4", 93
 87=, 87, 38.6726, 0.9097, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 93
 88=, 88, 39.1183, 0.2598, "Pyrene, 2-methyl-", 68687, "003442-78-2", 93
 89=, 89, 39.2711, 0.5462, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 83
 90=, 90, 40.1345, 0.1960, "Benzophenone semicarbazone", 84483, "014066-73-0", 46
 91=, 91, 40.6078, 0.4632, "p-Terphenyl", 78784, "000092-94-4", 72
 92=, 92, 41.3782, 0.9956, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 98
 93=, 93, 41.5211, 0.6641, "Benzo[c]phenanthrene", 77469, "000195-19-7", 87
 94=, 94, 41.7555, 0.8115, "Benzene, [4-(3-ethynylphenyl)-1,3-butadiynyl]-", 76136, "1000115-87-3", 64
 95=, 95, 42.3879, 0.5111, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 95
 96=, 96, 42.9380, 5.0887, "Benz[a]anthracene", 77467, "000056-55-3", 96
 97=, 97, 43.1695, 3.9850, "1(2H)-Phenanthrenone, 3,4,9,10-tetrahydro-7-methoxy-", 77376, "014427-61-3", 98
 98=, 98, 43.8767, 0.3968, "Benz[a]anthracene", 77466, "000056-55-3", 48
 99=, 99, 44.8011, 0.2829, "Naphtho[2,1,8,7-klmn]xanthene", 86885, "000191-37-7", 81
 100=, 100, 45.8888, 0.4027, "4H-Cyclopenta[b]thiophene-3-carboxamide, 2-amino-5,6-dihydro-", 44972, "077651-38-8", 15
 101=, 101, 45.9862, 0.4329, "Naphtho[2,1-b]furan-4-carboxylic acid, 1,2-dihydro-2-methyl-, methyl ester", 86705, "067818-27-3", 41
 102=, 102, 46.3398, 0.6213, "Chrysene, 1-methyl-", 86909, "003351-28-8", 98
 103=, 103, 46.5894, 0.4013, "Chrysene, 3-methyl-", 86902, "003351-31-3", 86
 104=, 104, 46.8319, 0.2523, "cis-.beta.-Methylstyrene", 8694, "000766-90-5", 70
 105=, 105, 47.5112, 0.4471, "Cyclohexane, hexaethylidene-", 85536, "001482-93-5", 74
 106=, 106, 47.9914, 0.4650, "Fluorenone oxime", 53606, "002157-52-0", 25
 107=, 107, 48.0471, 0.4185, "Pyridine, 2-[2-(4-aminophenyl)ethenyl]-, trans-", 54415, "001694-46-8", 35
 108=, 108, 50.4446, 0.2240, "1H-Indole, 5-methyl-2-phenyl-", 62237, "013228-36-9", 41
 109=, 109, 52.9641, 0.4786, "Benzo[k]fluoranthene", 93584, "000207-08-9", 95
 110=, 110, 53.1873, 5.3323, "Benzo[e]pyrene", 93577, "000192-97-2", 97
 111=, 111, 53.4176, 1.3933, "Benzo[a]pyrene", 93578, "000050-32-8", 97
 112=, 112, 54.3971, 0.7692, "Benzo[e]pyrene", 93577, "000192-97-2", 90
 113=, 113, 55.7361, 0.3671, "Benzo(a)pyrene 4,5-oxide", 104289, "037574-47-3", 55
 114=, 114, 56.4485, 2.5514, "Benzo[k]fluoranthene", 93584, "000207-08-9", 95
 115=, 115, 57.0944, 2.9136, "Benzo[a]pyrene", 93578, "000050-32-8", 98
 116=, 116, 58.1304, 0.6354, "Benzo[e]pyrene", 93577, "000192-97-2", 98
 117=, 117, 77.4844, 1.7310, "Indeno[1,2,3-cd]pyrene", 109679, "000193-39-5", 97
 118=, 118, 83.0683, 1.4640, "Benzo[ghi]perylene", 109673, "000191-24-2", 98

b7113 – 2nd sampling

Header=, "PK", "RT", "Area Pct", "Library/ID", "Ref", "CAS", "Qual"

1=, 1, 17.8682, 0.1725, "Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene", 4758, "000694-87-1", 97
 2=, 2, 20.5291, 0.0896, "Benzene, 1-ethenyl-3-methyl-", 8700, "000100-80-1", 95
 3=, 3, 21.6485, 0.3442, "Indene", 8169, "000095-13-6", 96
 4=, 4, 24.3373, 0.9928, "Naphthalene", 11578, "000091-20-3", 97
 5=, 5, 26.1571, 0.2524, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 97
 6=, 6, 26.4215, 0.1290, "Naphthalene, 2-methyl-", 18568, "000091-57-6", 97
 7=, 7, 27.2933, 0.1584, "Biphenyl", 25988, "000092-52-4", 96



8=, 8, 27.7948, 0.3087, "Naphthalene, 1,6-dimethyl-", 27314, "000575-43-9", 98
9=, 9, 27.9963, 0.3028, "Naphthalene, 2,3-dimethyl-", 27283, "000581-40-8", 98
10=, 10, 28.0579, 0.2624, "Naphthalene, 2,6-dimethyl-", 27302, "000581-42-0", 98
11=, 11, 28.2946, 0.1204, "Naphthalene, 1,7-dimethyl-", 27288, "000575-37-1", 97
12=, 12, 28.4483, 1.0036, "Biphenylene", 24424, "000259-79-0", 93
13=, 13, 28.7380, 0.1084, "1,1'-Biphenyl, 4-methyl-", 35117, "000644-08-6", 95
14=, 14, 28.9185, 1.3227, "Acenaphthene", 25995, "000083-32-9", 94
15=, 15, 29.1333, 0.1365, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 96
16=, 16, 29.3396, 1.1656, "Dibenzofuran", 35097, "000132-64-9", 87
17=, 17, 29.4206, 0.1295, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 97
18=, 18, 29.5049, 0.1532, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 98
19=, 19, 29.7067, 0.2044, "Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-", 36485, "002245-38-7", 97
20=, 20, 29.7746, 0.1179, "Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-", 36482, "002131-42-2", 97
21=, 21, 29.9889, 0.3380, "Fluorene-9-methanol", 54463, "024324-17-2", 60
22=, 22, 30.0956, 0.4732, "1,1'-Biphenyl, 4-(1-methylethyl)-", 54571, "007116-95-2", 78
23=, 23, 30.2130, 1.1357, "Fluorene", 33580, "000086-73-7", 97
24=, 24, 30.4736, 0.2223, "1,1'-Biphenyl, 2-methyl-", 35111, "000643-58-3", 95
25=, 25, 30.5769, 0.2325, "1,1'-Biphenyl, 2-methyl-", 35111, "000643-58-3", 90
26=, 26, 30.6556, 0.3579, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 93
27=, 27, 30.7397, 0.1694, "Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-", 113505, "000638-36-8", 86
28=, 28, 30.8438, 0.4909, "Dibenzofuran, 4-methyl-", 44605, "007320-53-8", 96
29=, 29, 30.9817, 0.3022, "1(2H)-Acenaphthylenone", 35099, "002235-15-6", 90
30=, 30, 31.1400, 1.3786, "Naphthalene, 1,2,3-trimethyl-4-propenyl-, (E)-", 64495, "026137-53-1", 93
31=, 31, 31.2890, 0.3290, "1-Methyl-2-phenylbenzimidazole", 62912, "002622-63-1", 30
32=, 32, 31.4158, 0.5378, "Pentadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-", 104287, "001921-70-6", 99
33=, 33, 31.6238, 0.1728, "9H-Fluorene, 1-methyl-", 43232, "001730-37-6", 95
34=, 34, 31.7196, 0.1389, "Phenol, 4-(2-phenylethenyl)-, (E)-", 54501, "006554-98-9", 55
35=, 35, 31.9928, 0.7616, "9H-Fluoren-9-one", 43218, "000486-25-9", 96
36=, 36, 32.0572, 0.1928, "Naphtho[2,1-b]furan, 1,2-dimethyl-", 54490, "129812-23-3", 42
37=, 37, 32.1248, 0.2077, "1-Propene, 2-(2-methylphenyl)-1-phenyl-, (Z)-", 63114, "1000138-72-4", 64
38=, 38, 32.2929, 0.8657, "Naphtho[2,3-b]thiophene", 46038, "000268-77-9", 95
39=, 39, 32.4000, 0.2537, "Octadecane", 94931, "000593-45-3", 96
40=, 40, 32.6185, 3.5996, "Phenanthrene", 41763, "000085-01-8", 96
41=, 41, 32.7458, 1.0584, "Phenanthrene", 41767, "000085-01-8", 95
42=, 42, 32.9045, 0.3634, "Carbazole", 34221, "000086-74-8", 91
43=, 43, 32.9825, 0.2857, "2-(Acetoxymethyl)-3-(methoxycarbonyl)biphenylene", 113217, "093103-70-9", 55
44=, 44, 33.1943, 0.3767, "5,6,7-Trimethoxy-1-indanone", 72420, "038472-90-1", 64
45=, 45, 33.2816, 0.4022, "Dibenzo[a,e]cyclooctene", 60122, "000262-89-5", 95
46=, 46, 33.3919, 0.2695, "1H-Indole, 1-methyl-2-phenyl-", 62235, "003558-24-5", 55
47=, 47, 33.4649, 0.2546, "Eicosane", 113489, "000112-95-8", 92
48=, 48, 33.8947, 0.7877, "Phenanthrene, 1-methyl-", 51408, "000832-69-9", 96
49=, 49, 33.9713, 0.4914, "Phenanthrene, 1-methyl-", 51408, "000832-69-9", 97
50=, 50, 34.0982, 0.3033, "Anthracene, 1-methyl-", 51394, "000610-48-0", 95
51=, 51, 34.2261, 1.0625, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50049, "000203-64-5", 94
52=, 52, 34.5966, 0.3799, "9,10-Anthracenedione", 62993, "000084-65-1", 98
53=, 53, 34.6427, 0.5605, "2-Phenylnaphthalene", 60107, "035465-71-5", 89
54=, 54, 35.2296, 0.7235, "2,4-Dimethyl-5,6-dimethoxy-8-aminoquinoline", 79766, "064993-02-8", 45
55=, 55, 35.5998, 0.2884, "9,10-Dimethylanthracene", 61585, "000781-43-1", 90
56=, 56, 35.7036, 0.6422, "Cyclopenta(def)phenanthrenone", 60105, "005737-13-3", 50
57=, 57, 35.9150, 0.3639, "Anthracene, 9,10-dihydro-9,9,10-trimethyl-", 73092, "014923-29-6", 38
58=, 58, 36.0737, 8.5644, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 98
59=, 59, 36.3909, 0.8527, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 96
60=, 60, 36.6057, 0.4882, "2-p-Tolyl-2,3-dihydro-1H-benzo[1,3,2]diazaborole", 62786, "1000296-11-8", 59
61=, 61, 36.8868, 7.2762, "Pyrene", 58555, "000129-00-0", 95



62=, 62, 37.1075, 0.2326,"Benzo[kl]xanthene", 69996,"000200-23-7",87
 63=, 63, 37.3272, 1.2362,"p-Terphenyl-d14", 88113,"001718-51-0",96
 64=, 64, 37.7555, 0.1997,"Benzo[kl]xanthene", 69996,"000200-23-7",90
 65=, 65, 37.8817, 0.5947,"Pyrene, 1-methyl-", 68688,"002381-21-7",95
 66=, 66, 38.2666, 1.3744,"Fluoranthene, 2-methyl-", 68702,"033543-31-6",97
 67=, 67, 38.5576, 0.7447,"11H-Benzo[b]fluorene", 68695,"000243-17-4",95
 68=, 68, 38.8083, 0.7189,"Pyrene, 1-methyl-", 68689,"002381-21-7",91
 69=, 69, 39.2608, 0.2185,"Pyrene, 4-methyl-", 68691,"003353-12-6",87
 70=, 70, 39.4079, 0.4182,"Pyrene, 1-methyl-", 68688,"002381-21-7",86
 71=, 71, 40.7627, 0.5288,"11H-Benzo[a]fluoren-11-one", 78768,"000479-79-8",87
 72=, 72, 41.5417, 0.9842,"Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81184,"000239-35-0",95
 73=, 73, 41.6913, 0.5718,"Benzo[c]phenanthrene", 77469,"000195-19-7",89
 74=, 74, 41.9344, 0.8165,"Benzo[ghi]fluoranthene", 76134,"000203-12-3",64
 75=, 75, 42.5643, 0.4824,"Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181,"000239-35-0",96
 76=, 76, 42.8118, 0.5111,"11H-Benzo[a]carbazole", 69222,"000239-01-0",90
 77=, 77, 43.1192, 5.0812,"Chrysene", 77457,"000218-01-9",98
 78=, 78, 43.3509, 5.1737,"Chrysene", 77457,"000218-01-9",98
 79=, 79, 44.0506, 0.7168,"Chrysene", 77457,"000218-01-9",64
 80=, 80, 45.0066, 0.3743,"Naphtho[2,1,8,7-klmn]xanthene", 86885,"000191-37-7",60
 81=, 81, 46.1264, 0.4100,"4-Methyl-2-trimethylsilyloxy-acetophenone", 72510,"097389-70-3",27
 82=, 82, 46.2219, 0.4605,"1-Propene, 3-(2-cyclopentenyl)-2-methyl-1,1-diphenyl-",108380,"1000154-23-3",22
 83=, 83, 46.5637, 0.7439,"Chrysene, 1-methyl-", 86909,"003351-28-8",95
 84=, 84, 46.8374, 0.4119,"Chrysene, 1-methyl-", 86909,"003351-28-8",93
 85=, 85, 47.7565, 0.5443,"5,6-Dimethyl-4-phenyl-3-cyanopyridine-2(1H)-thione", 85129,"094639-18-6",25
 86=, 86, 48.3183, 0.7707,"1H-Indole, 5-methyl-2-phenyl-", 62237,"013228-36-9",42
 87=, 87, 53.4935, 7.9748,"Benz[e]acephenanthrylene", 93587,"000205-99-2",99
 88=, 88, 53.7353, 2.6216,"Benz[e]acephenanthrylene", 93587,"000205-99-2",99
 89=, 89, 54.7440, 1.3645,"Benzo[k]fluoranthene", 93584,"000207-08-9",99
 90=, 90, 56.1146, 0.5980,"Tetrasiloxane, decamethyl-",130465,"000141-62-8",35
 91=, 91, 56.8023, 4.3889,"Benzo[k]fluoranthene", 93584,"000207-08-9",97
 92=, 92, 57.4579, 4.7890,"Benzo[e]pyrene", 93577,"000192-97-2",99
 93=, 93, 58.5176, 1.3124,"Benzo[e]pyrene", 93577,"000192-97-2",98
 94=, 94, 78.0696, 1.8669,"Indeno[1,2,3-cd]pyrene",109679,"000193-39-5",98
 95=, 95, 78.0983, 1.6967,"Indeno[1,2,3-cd]pyrene",109678,"000193-39-5",99
 96=, 96, 83.7675, 3.6364,"Benzo[ghi]perylene",109673,"000191-24-2",98

b7113 – 3rd sampling

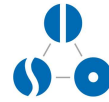
Header="PK","RT","Area Pct","Library/ID","Ref","CAS","Qual"
 1=, 1, 8.6739, 2.7803,"Benzene, fluoro-", 2726,"000462-06-6",91
 2=, 2, 15.7849, 2.1295,"Hydrazine, 1,1-bis(1-methylethyl)-", 8044,"000921-14-2",38
 3=, 3, 17.8169, 0.2619,"Styrene", 4750,"000100-42-5",94
 4=, 4, 20.4858, 0.1854,"Benzene, 1-ethenyl-4-methyl-", 8702,"000622-97-9",96
 5=, 5, 20.7002, 0.1191,"Cyclotetrasiloxane, octamethyl-",122480,"000556-67-2",74
 6=, 6, 21.6037, 0.4450,"Indene", 8167,"000095-13-6",97
 7=, 7, 22.7561, 6.1027,"Octafluoronaphthalene",106366,"000313-72-4",97
 8=, 8, 23.0626, 0.0904,"Benzenemethanethiol, .alpha.-methyl-", 16857,"006263-65-6",76
 9=, 9, 23.7308, 2.2356,"Cyclopentasiloxane, decamethyl-",161016,"000541-02-6",86
 10=, 10, 24.2940, 0.9365,"Naphthalene", 11576,"000091-20-3",93
 11=, 11, 25.9605, 0.1037,"1H,3H-Benzo[de]isochromene-1,3-dione, 5,8-dinitro-",116859,"003807-80-5",27
 12=, 12, 26.0105, 0.1680,"3-Bromo-1-phenyl-1-propene", 54887,"004392-24-9",78
 13=, 13, 26.1143, 0.2874,"Naphthalene, 1-methyl-", 18566,"000090-12-0",97
 14=, 14, 26.3775, 0.1276,"Naphthalene, 1-methyl-", 18566,"000090-12-0",95
 15=, 15, 26.5041, 4.5978,"Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-",179152,"000540-97-6",90



16=, 16, 27.2521, 0.1611, "Biphenyl", 25988, "000092-52-4", 96
 17=, 17, 27.7552, 0.1511, "Naphthalene, 1,7-dimethyl-", 27308, "000575-37-1", 96
 18=, 18, 27.9524, 0.1198, "Naphthalene, 2,7-dimethyl-", 27297, "000582-16-1", 96
 19=, 19, 28.0418, 0.1749, "Naphthalene, 2-ethenyl-", 25997, "000827-54-3", 93
 20=, 20, 28.4048, 1.1036, "Biphenylene", 24424, "000259-79-0", 91
 21=, 21, 28.8749, 0.3593, "Acenaphthene", 25995, "000083-32-9", 81
 22=, 22, 28.9385, 3.1006, "3-Isopropoxy-1,1,1,7,7,7-hexamethyl-3,5,5-tris(trimethylsilyloxy)tetrasiloxane", 187800, "071579-69-6", 42
 23=, 23, 29.2959, 0.3941, "Dibenzofuran", 35096, "000132-64-9", 83
 24=, 24, 29.9413, 0.1141, "Fluorene-9-methanol", 54463, "024324-17-2", 55
 25=, 25, 30.1687, 0.3587, "Fluorene", 33581, "000086-73-7", 90
 26=, 26, 30.6099, 0.2016, "9H-Fluoren-9-ol", 44602, "001689-64-1", 55
 27=, 27, 30.9362, 0.2112, "1(2H)-Acenaphthylenone", 35099, "002235-15-6", 89
 28=, 28, 31.0679, 2.2355, "Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-", 188231, "000556-68-3", 50
 29=, 29, 31.3868, 0.4163, "Ethene, (2-chloroethoxy)-", 4879, "000110-75-8", 59
 30=, 30, 31.9488, 0.5556, "9H-Fluoren-9-one", 43217, "000486-25-9", 91
 31=, 31, 32.2466, 0.2377, "Dibenzothiophene", 46034, "000132-65-0", 45
 32=, 32, 32.5707, 0.8446, "Anthracene", 41762, "000120-12-7", 96
 33=, 33, 32.7010, 1.2383, "Phenanthrene", 41767, "000085-01-8", 96
 34=, 34, 32.8805, 2.1582, "Cyclononasiloxane, octadecamethyl-", 189576, "000556-71-8", 68
 35=, 35, 33.0395, 0.2792, "Spiro-3-(2-butyl-2,4-diazabicyclo[3.3.0]octan-1-one)-cyclohexane", 92044, "1000194-74-4", 43
 36=, 36, 33.2352, 0.2174, "1H-Indole, 1-methyl-2-phenyl-", 62238, "003558-24-5", 46
 37=, 37, 33.2846, 0.4309, "Benzenamine, 4-bromo-2-chloro-", 60765, "038762-41-3", 46
 38=, 38, 33.8465, 0.4846, "Anthracene, 9,10-dihydro-9,9,10-trimethyl-", 73092, "014923-29-6", 83
 39=, 39, 33.9217, 0.3482, "Anthracene, 2-methyl-", 51397, "000613-12-7", 94
 40=, 40, 34.0462, 0.4006, "Anthracene, 1-methyl-", 51403, "000610-48-0", 95
 41=, 41, 34.1740, 0.7452, "4H-Cyclopenta[def]phenanthrene", 50048, "000203-64-5", 76
 42=, 42, 34.5440, 0.4514, "1H-Phenalen-1-one", 43220, "000548-39-0", 48
 43=, 43, 34.6349, 1.9773, "Trisiloxane, 1,1,1,5,5,5-hexamethyl-3,3-bis[(trimethylsilyloxy)-", 166198, "003555-47-3", 58
 44=, 44, 35.1764, 0.3568, "Silane, 1,4-phenylenebis[trimethyl-", 72522, "013183-70-5", 46
 45=, 45, 35.5411, 0.3298, "Anthracene, 9,10-dihydro-9,9,10-trimethyl-", 73092, "014923-29-6", 70
 46=, 46, 35.6537, 0.8804, "Cyclopenta(def)phenanthrenone", 60105, "005737-13-3", 64
 47=, 47, 36.0065, 3.5543, "Fluoranthene", 58557, "000206-44-0", 94
 48=, 48, 36.3231, 0.7943, "Benzene, 1,1'-(1,3-butadiyne-1,4-diyl)bis-", 58559, "000886-66-8", 78
 49=, 49, 36.5385, 0.2825, "3-(1H-Benzoimidazol-2-yl)-1,1,1-trichloro-3-phenyl-propan-2-ol", 154243, "1000300-93-9", 52
 50=, 50, 36.6381, 1.7215, "Trisiloxane, 1,1,1,5,5,5-hexamethyl-3,3-bis[(trimethylsilyloxy)-", 166198, "003555-47-3", 43
 51=, 51, 36.8143, 3.6075, "Fluoranthene", 58556, "000206-44-0", 93
 52=, 52, 37.2515, 14.8188, "p-Terphenyl-d14", 88113, "001718-51-0", 98
 53=, 53, 37.6876, 0.3185, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 46
 54=, 54, 37.7991, 0.5400, "11H-Benzo[b]fluorene", 68695, "000243-17-4", 46
 55=, 55, 38.1902, 1.1497, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 97
 56=, 56, 38.4732, 0.5523, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 97
 57=, 57, 38.7298, 0.5325, "Pyrene, 1-methyl-", 68688, "002381-21-7", 49
 58=, 58, 39.0578, 1.2995, "Octasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13,15,15-hexadecamethyl-", 187862, "019095-24-0", 38
 59=, 59, 39.1696, 0.1747, "Pyrene, 2-methyl-", 68687, "003442-78-2", 64
 60=, 60, 39.3068, 0.2348, "Pyrene, 1-methyl-", 68689, "002381-21-7", 60
 61=, 61, 40.3414, 0.2808, "Trimethyl[4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenoxy]silane", 110723, "078721-87-6", 50
 62=, 62, 40.6688, 0.2659, "2-Ethylacridine", 62222, "055751-83-2", 45
 63=, 63, 41.4410, 0.5724, "Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene", 81181, "000239-35-0", 97



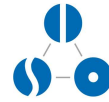
64=, 64, 41.5864, 0.3790,"2-(2-Chlorophenyl)benzimidazole", 77144,"003574-96-7",44
65=, 65, 41.8247, 0.6057,"3,5-Ethano-3H-pyrrolo[2,3-d]carbazole-6-carboxylic acid, 1,2,3a,4,5,7-hexahydro-12-hydroxy-12-(1-hydroxyethyl)-, methyl ester",155334,"002270-73-7",38
66=, 66, 42.1740, 1.3419,"Trisiloxane, 1,1,1,5,5,5-hexamethyl-3,3-bis[(trimethylsilyl)oxy]-",166198,"003555-47-3",50
67=, 67, 42.6939, 0.3299,"2-Ethylacridine", 62222,"055751-83-2",38
68=, 68, 42.9995, 2.3638,"Triphenylene", 77463,"000217-59-4",97
69=, 69, 43.2283, 2.4748,"1(2H)-Phenanthrene, 3,4,9,10-tetrahydro-7-methoxy-", 77376,"014427-61-3",96
70=, 70, 43.9328, 0.8571,"Chrysene", 77457,"000218-01-9",38
71=, 71, 44.8848, 0.2201,"Chrysene, 1-methyl-", 86907,"003351-28-8",25
72=, 72, 45.9868, 0.2240,"Trimethyl(4-tert.-butylphenoxy)silane", 72670,"025237-79-0",50
73=, 73, 46.3817, 1.6489,"Trisiloxane, 1,1,1,5,5,5-hexamethyl-3,3-bis[(trimethylsilyl)oxy]-",166198,"003555-47-3",27
74=, 74, 46.6976, 0.3615,"1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene", 72520,"017151-09-6",55
75=, 75, 47.6076, 0.1755,"9-Fluorenone-4-carbonyl chloride", 86617,"007071-83-2",30
76=, 76, 52.0836, 0.8628,"1H-Indole-2-carboxylic acid, 6-(4-ethoxyphenyl)-3-methyl-4-oxo-4,5,6,7-tetrahydro-, isopropyl ester",154967,"1000316-17-5",47
77=, 77, 53.2905, 3.7175,"Benzo[k]fluoranthene", 93584,"000207-08-9",98
78=, 78, 53.5305, 1.1468,"Benzo[a]pyrene", 93578,"000050-32-8",98
79=, 79, 54.5236, 0.8607,"Benzo[k]fluoranthene", 93584,"000207-08-9",90
80=, 80, 56.5888, 2.5063,"Benzo[e]pyrene", 93577,"000192-97-2",92
81=, 81, 57.2206, 2.4346,"Benzo[k]fluoranthene", 93584,"000207-08-9",98
82=, 82, 58.2881, 0.6634,"Benzo[e]pyrene", 93577,"000192-97-2",95
83=, 83, 59.8792, 0.6614,"Octasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13,15,15-hexadecamethyl-",187862,"019095-24-0",49
84=, 84, 77.7340, 1.0985,"Indeno[1,2,3-cd]pyrene",109677,"000193-39-5",95
85=, 85, 77.7612, 0.7545,"Indeno[1,2,3-cd]pyrene",109679,"000193-39-5",98
86=, 86, 83.3828, 2.0025,"Indeno[1,2,3-cd]pyrene",109679,"000193-39-5",92



Evaluation of pollutant biodegradation at the Resanat site of a former Carcoke coking plant in Zeebrugge (Belgium)

Pilotzone 3

Ordering party:	Witteveen + Bos Gorislaan 49 1820 Steenokkerzeel Belgium
Contact person:	Filip Sanders (Witteveen + Bos) Phone: +32 476 850 222; Mail: filip.sanders@witteveenbos.com Dr. Sofie Thijs (Hasselt University) Phone: +32 11 26 82 25; Mail: sofie.thijs@uhasselt.be Dirk Dubin (Bio2clean) Phone: +32 495 99 71 14; Mail: dirk@bio2clean.com
Contractor:	Isodetect GmbH Deutscher Platz 5b 04103 Leipzig Germany
Person in charge:	Dr. Kevin Kuntze Phone: +49 341 35535851; Mail: kuntze@isodetect.de Dr. Anko Fischer Phone: +49 341 35535855; Mail: fischer@isodetect.de
Sampling period:	June 2021 – June 2022
Field site:	Resanat – pilot 3
Project number:	28-21-L-IF
Scope on analysis:	36 x GC/MS-screening
Report volume:	31 Pages 22 Figures 3 Tables 1 Appendix



Leipzig, 06th of October 2022

Dr. Kevin Kuntze

Dr. Anko Fischer

Table of Contents

1	Purpose and scope of analysis.....	2
2	Methodology.....	3
2.1	Basics of GC/MS-screening.....	3
2.2	Sampling	4
2.3	Procedure of applied methods.....	5
3	Results and data interpretation.....	5
3.1	Hydrocarbon pattern by total ion chromatograms.....	5
3.2	Distribution patterns of hydrocarbon classes (SIM measurements)	10
3.3	Diagnostic ratios	27
4	Summary	30
5	References	31
	Appendix.....	I

1 Purpose and scope of analysis

A substantial soil and groundwater contamination by coking plant residues (CPR) is present at the former Carcoke site in Zeebrugge (Belgium). This site is part of the Interreg project RESANAT (REStverontreiniging SAneren met NATure-based technieken), in which new green techniques are tested to clean-up contaminated sites. At the former Carcoke site, three locations had been selected where pilot tests were carried out for testing microorganism-assisted phytoremediation. For the **pilot test 3**, phytopiles were constructed at the Envisan site with contaminated sewage sludge from "De Lieve" (Fig. 1) (1, 2). Main contaminants were polyaromatic hydrocarbons (PAH) (1).

Phytopiling is a kind of phytoremediation with a combined microorganism-assisted phytodegradation and rhizo-degradation. For this purpose, the contaminated (saturated) soil (if necessary after adequately dewatered) is stacked on a mound, further called a pile. An HDPE liner, or similar, is placed under the pile to avoid impact of the contaminated soil for the subsurface. At the bottom and every 0.5 meter horizontal drains are placed during construction to create passive aeration. The piles are finished with a thin layer of about 5 cm of uncontaminated soil or topsoil and then seeded with appropriate grasses and herbaceous species. At the pilotzone 3, one large phytopile with a dimension of 4 m x 10 m and a height of 1.5 m (3 layers) divided into two phytopiles 2A & 2B (2A: with inoculation of microorganism; 2B: without inoculation; Fig.1, Tab. 1) and four smaller piles (1A: with inoculation of microorganism, 1B: without inoculation, 1C: with inoculated seed and 1D: without aeration; Fig. 1, Tab. 1) with a dimension of 3m x 5m and a height of 0.5 m (1 layer) were constructed. Each zone had sections with different vegetation (Tab. 1).

The aim of the pilot test 3 was to remediate the residual contamination present in the contaminated soil. In order to evaluate CPR biodegradation, Witteveen + Bos entrusted Isodetect GmbH (Deutscher Platz 5b, 04103 Leipzig, Germany) with time-integrated GC/MS-screening.

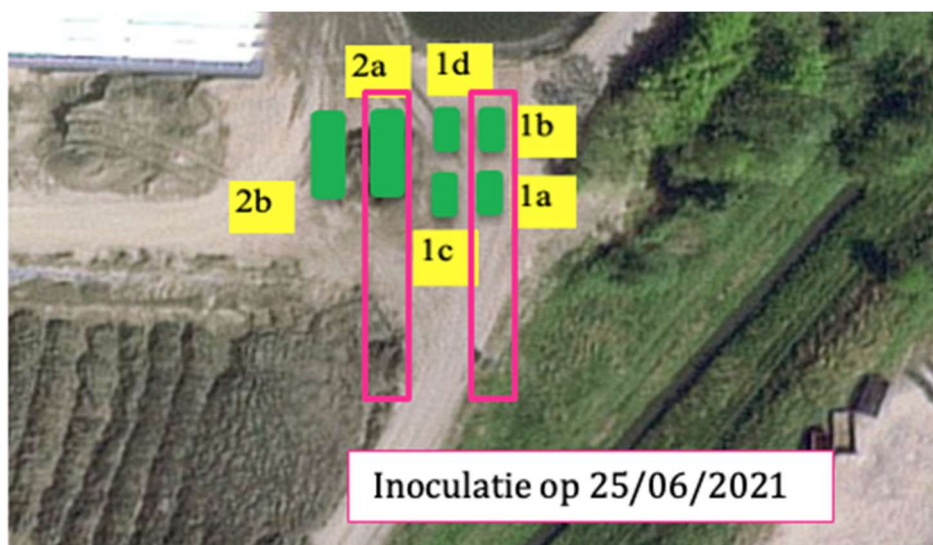


Figure 1 Locations of investigated sampling points within pilotzone 3 for GC/MS-screening.

Table 1 Sample list for GC/MS-screening. #directly after sampling bottles were broken and therefore no soil sample was sent to Isodetect. *samples were sent and analyzed as substitutes for sample 12 and 5a, respectively.

Inoculation																
Date	phytopillar	2A air + inoculation						1B: air + inoculation				1A: air + inoculation + Melilotus				
	location	2A-1	2A-2	2A-3	2A-4	2A-5	2A-6	1B-1	1B-4	1B-2	1B-3	1A-1	1A-2	1A-3	1A-4	
	Grass variety	LP	Grandslam	Mistral/FB	Mistral coat	Mistral coat/ Agr coat	FA	Agreement	Mistral	Agr coat	Mistral coat	LP	Mistral	Agreement	FA	
	Seed coating	no	no	no	yes	yes	no	no	no	yes	yes	no	no	no	no	
	25.06.2021	1 st sampling		3a + 3b		4a + 4b			7a + 7b		8a + 8b		*11a + 11b + 11c		#	
25.06.2021	Inoculation	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
01.10.2021	2 nd sampling		3a + 3b		4a + 4b			7a + 7b		8a + 8b		11a + 11b + 11c		12		
16.06.2022	3 rd sampling		3a + 3b		4a + 4b			7a + 7b		8a + 8b		11a + 11b + 11c		12		
Control																
Date	phytopillar	2B: no aeration control, no top layer						1D: no aeration control				1C: no aeration control				
	location	2B-1	2B-2	2B-3	2B-4	2B-5	2B-6	1D-1	1D-2	1D-3	1D-4	1C-1	1C-2	1C-3	1C-4	
	Grass variety	AE	Mistral coat	Mistral coat	Mistral	Mistral	FA	FA	Agreement	Mistral	LP	Agreement	Mistral	Agr coat	Mistral coat	
	Seed coating	no	yes	yes	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	yes	yes
	25.06.2021	1 st sampling	*	1a + 1b		2a + 2c			#	6a + 6b + 6c			9a + 9b		10a + 10b	
01.10.2021	2 nd sampling		1a + 1b		2a + 2c			5a	6a + 6b + 6c			9a + 9b		10a + 10b		
16.06.2022	3 rd sampling		1a + 1b		2a + 2c			5a	6a + 6b + 6c			9a + 9b		10a + 10b		

2 Methodology

2.1 Basics of GC/MS-screening

Besides physical weathering processes (e.g. evaporation of volatile compounds into soil air or atmosphere, wash-out of water-soluble substances by rain and/or groundwater), biodegradation significantly leads to characteristic changes in the hydrocarbon composition. For example, homologous *n*-alkanes are preferably biodegraded than branched alkanes

(isoprenoids) as well as non-substituted polyaromatic hydrocarbons (PAH) than alkylated PAH (C₁-; C₂-; C₃-PAH) (Fig. 2) (3,4).

Fuel Type		Level of Biodegradation	Chemical Composition
Gasoline Diesel Bunker C fuel	1	Abundant n-alkanes	Increasing level of biodegradation
	2	Light-end n-alkanes removed	
	3	Middle range n-alkanes, olefins, benzene & toluene removed	
	4	More than 90% of n-alkanes removed	
	5	Alkylcyclohexanes & alkylbenzenes removed Isoprenoids & C ₀ -naphthalene reduced	
	6	Isoprenoids, C ₁ -naphthalenes, benzothiophene & alkylbenzothiophenes removed C ₂ -naphthalenes selectively reduced	
	7	Phenanthrenes, dibenzothiophenes and other polynuclear aromatic hydrocarbons reduced	
	8	Tricyclic terpanes enriched Regular steranes selectively removed C ₃₁ to C ₃₅ -homohopanes reduced	
	9	Tricyclic terpanes, diasteranes & aromatic steranes abundant	

Figure 2 Change in the hydrocarbon composition of refinery products due to biodegradation (modified from 3).

The various biodegradability of substance classes or specific compounds provides the potential for evaluating the hydrocarbon biodegradation. Gas chromatography–mass spectrometry (GC/MS) is an analytical method that combines the features of gas chromatography and mass spectrometry and allows the identification of different compounds or substance classes within a test sample. Thus, it is possible to determine distribution pattern for various hydrocarbons with different affinities of biodegradability. More specifically, diagnostic ratios (DR) can be determined, which provide indication for hydrocarbon biodegradation.

2.2 Sampling

At the pilotzone 3, in total six phytopyles were constructed (1A, 1B, 1C, 1D, 2A, 2B; Tab. 1). Each pile had different sections with grass variety and seed coating. Three of the piles (1A, 1B, 2A) were additionally inoculated with a consortium of microorganisms (*Pseudomonas* RES10 isolated from the Resanat site and *Pseudomonas* VI4.1; information provided by Hasselt University). For GC/MS-screening, soil samples were taken by bio2clean according to a sampling protocol provided by Isodetect. Samples of different sections were combined (Tab. 1). In total, 12 soil samples were taken at three different time points and sent immediately under cooled conditions to Isodetect for GC/MS-screening, where they were frozen until their extraction.

2.3 Procedure of applied methods

For GC/MS-screening, soil samples were extracted by Soxhlet extraction method with a solvent mixture of *n*-pentane and acetone (3:1). The extracts were injected in a gas chromatograph (GC) coupled with a quadrupole mass spectrometer (qMS). The separation of the hydrocarbon mixture was achieved by a validated in-house procedure. Target substance classes or compounds were identified by comparison of retention times with external standards and of mass spectra with those of the NIST data base (Appendix). In order to determine hydrocarbon distribution pattern and DR, single ion mode (SIM) chromatograms were ascertained for substance- and compound-class-specific mass fragments.

3 Results and data interpretation

3.1 Hydrocarbon pattern by total ion chromatograms

For all samples, the majority of hydrocarbons are polyaromatic hydrocarbons (Appendix). Only a minor fraction belongs to monoaromatic compounds (polyalkylated benzenes). Branched and *n*-alkanes were not detected.

The total ion chromatograms (TIC) of the 12 phytopile samples illustrate a relatively similar pattern within the range of C₁₀ to C₄₀ hydrocarbons (C_n with n = number of carbon atoms) at the time point before inoculation (1st sampling, Fig. 3-6). Only sample 6a+6b+6c (1D-2+1D-3+1D-4, no aeration – control, Fig. 3) and 2B-1 (no aeration control, no top layer, Fig. 4) revealed a higher amount of phenanthrene and anthracene in comparison to higher molecular PAHs/alkylated PAHs. All phytopiles were constructed with the same contaminated sewage sludge (1, 2). Therefore, this effect can be attributed to inhomogeneous distributions of hydrocarbons in the soil.

The TIC of the control samples (without inoculation of microorganisms) revealed no strong shift in the pattern within the time of investigation (Fig. 3 & 4). Minor changes in the pattern at the 3rd sampling campaign in comparison to the 1st sampling campaign of sample 1a+1b (2B-2+2B-3) with a slight decrease of phenanthrene and anthracene compared to pyrene and fluoranthene could be either attributed to a more pronounced degradation of phenanthrene/anthracene or to inhomogeneous distributions of hydrocarbons in the soil. The TIC of the sample 2a+2c (2B-4+2B-5), 9a+9b (1C-1+1C-2) as well as 10a+10b (1C-3+1C-4) illustrated a decrease of pyrene and fluoranthene compared to phenanthrene and anthracene (Fig. 3 & 4). This can be either attributed to inhomogeneous distributions of hydrocarbons in the soil or to an unexpected, more pronounced degradation of pyrene/fluoranthene. Normally, the degradability of 4-ring PAHs decreases compared to 3-ring PAHs. Due to the lower solubility of pyrene/fluoranthene compared to phenanthrene/anthracene, leaching effects can also be excluded.

The TICs of each sample of phytopiles with inoculation of microorganisms (Tab. 1) illustrated the same effect of an obvious decrease of pyrene/fluoranthene compared to phenanthrene/anthracene (Fig. 5 & 6), indicating degradation effects of pyrene/fluoranthene or inhomogeneous distributions of hydrocarbons in the soil.

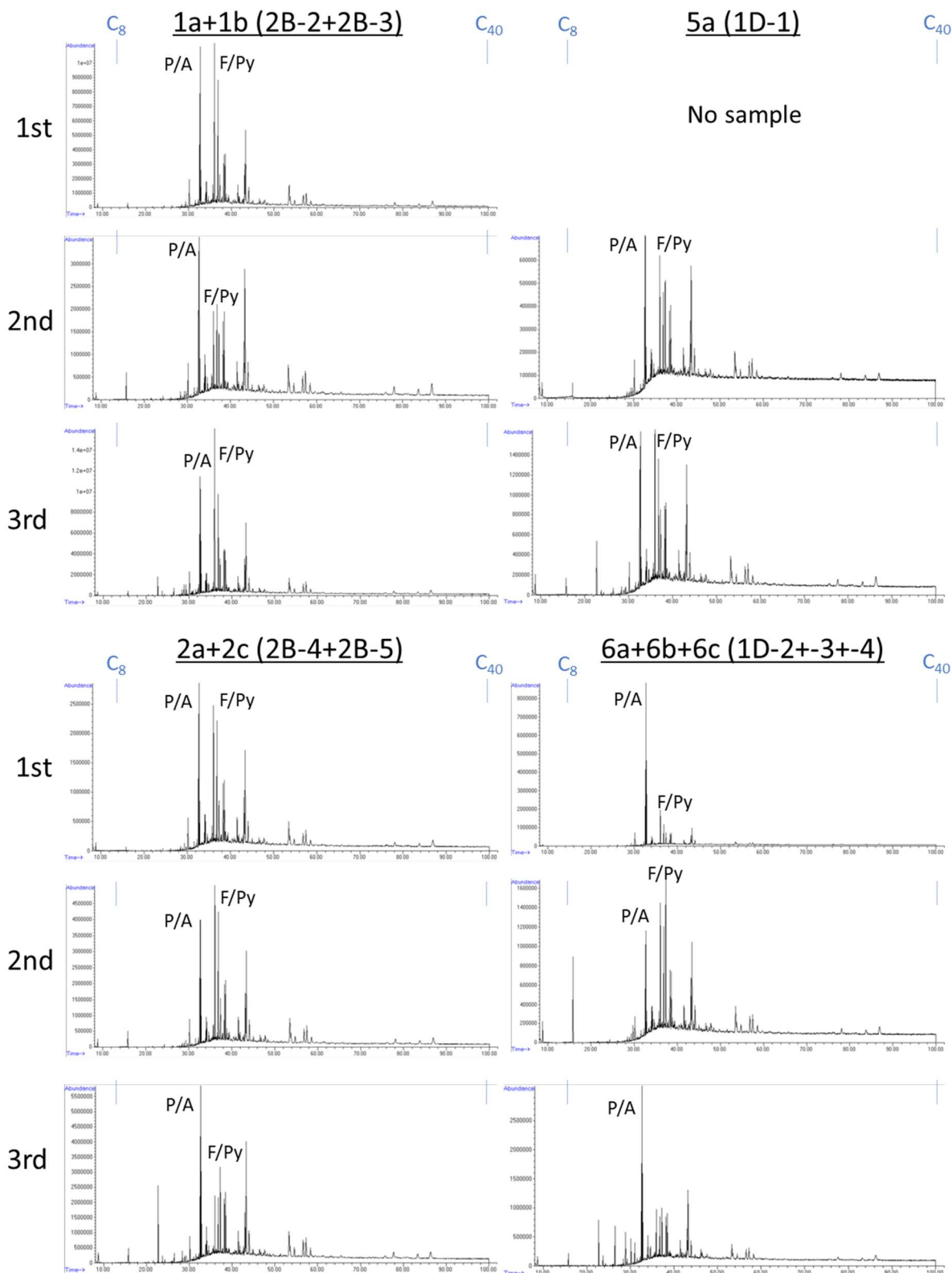


Figure 3 Total ion chromatograms of samples taken from phytopies without inoculation of microorganisms at pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium). P/A – phenanthrene/anthracene, F/Py – fluoranthene/pyrene. Specific sampling location and testing conditions are described in Tab. 1.

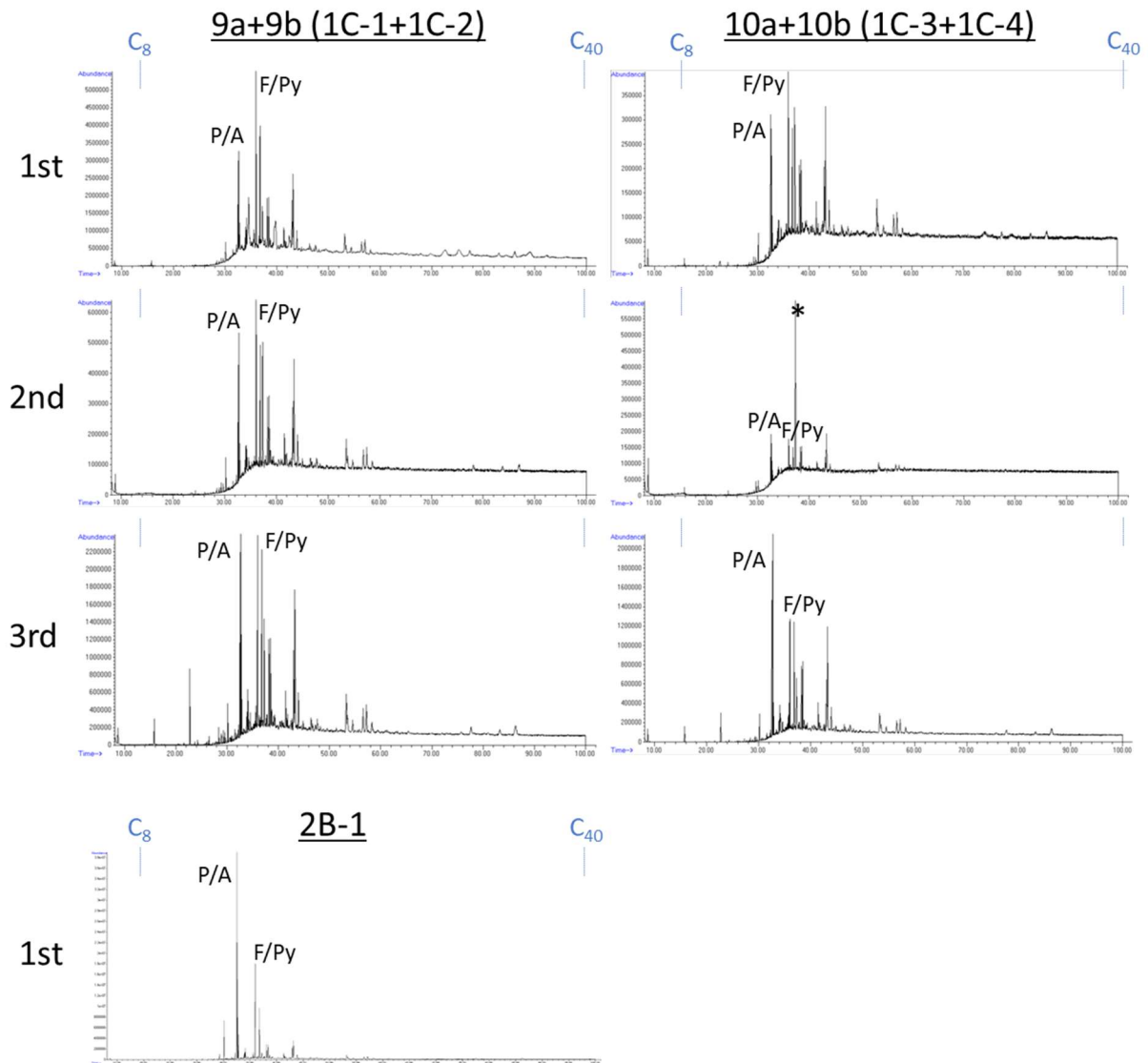


Figure 4 Total ion chromatograms of samples taken from phytopyles without inoculation of microorganisms at pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium). P/A – phenanthrene/anthracene, F/Py – fluoranthene/pyrene, * - internal standard. Specific sampling location and testing conditions are described in Tab. 1.

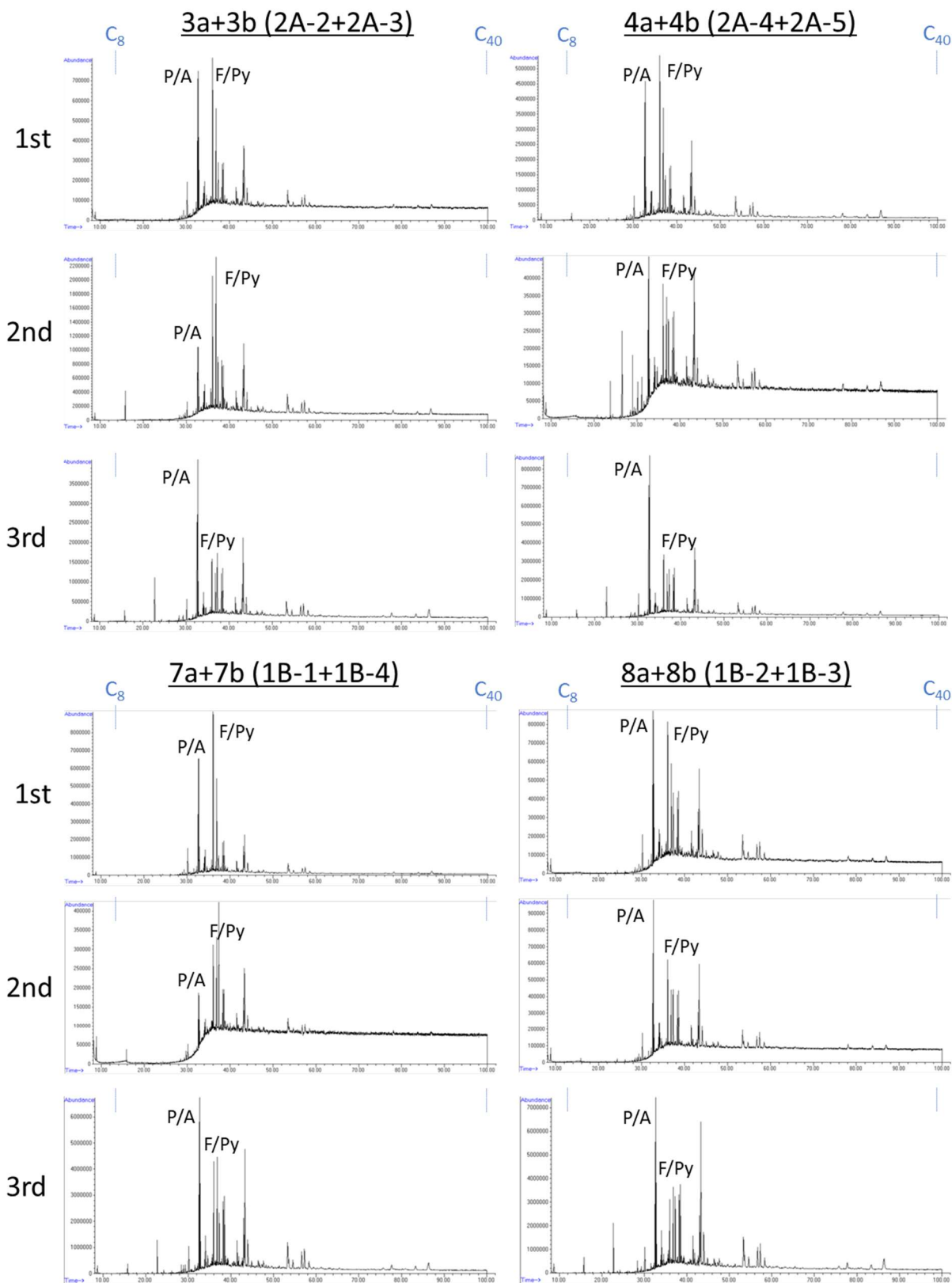


Figure 5 Total ion chromatograms of samples taken from sampling points with inoculation of microorganisms at pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium). P/A – phenanthrene/anthracene, F/Py – fluoranthene/pyrene. Specific sampling location and testing conditions are described in Tab. 1.

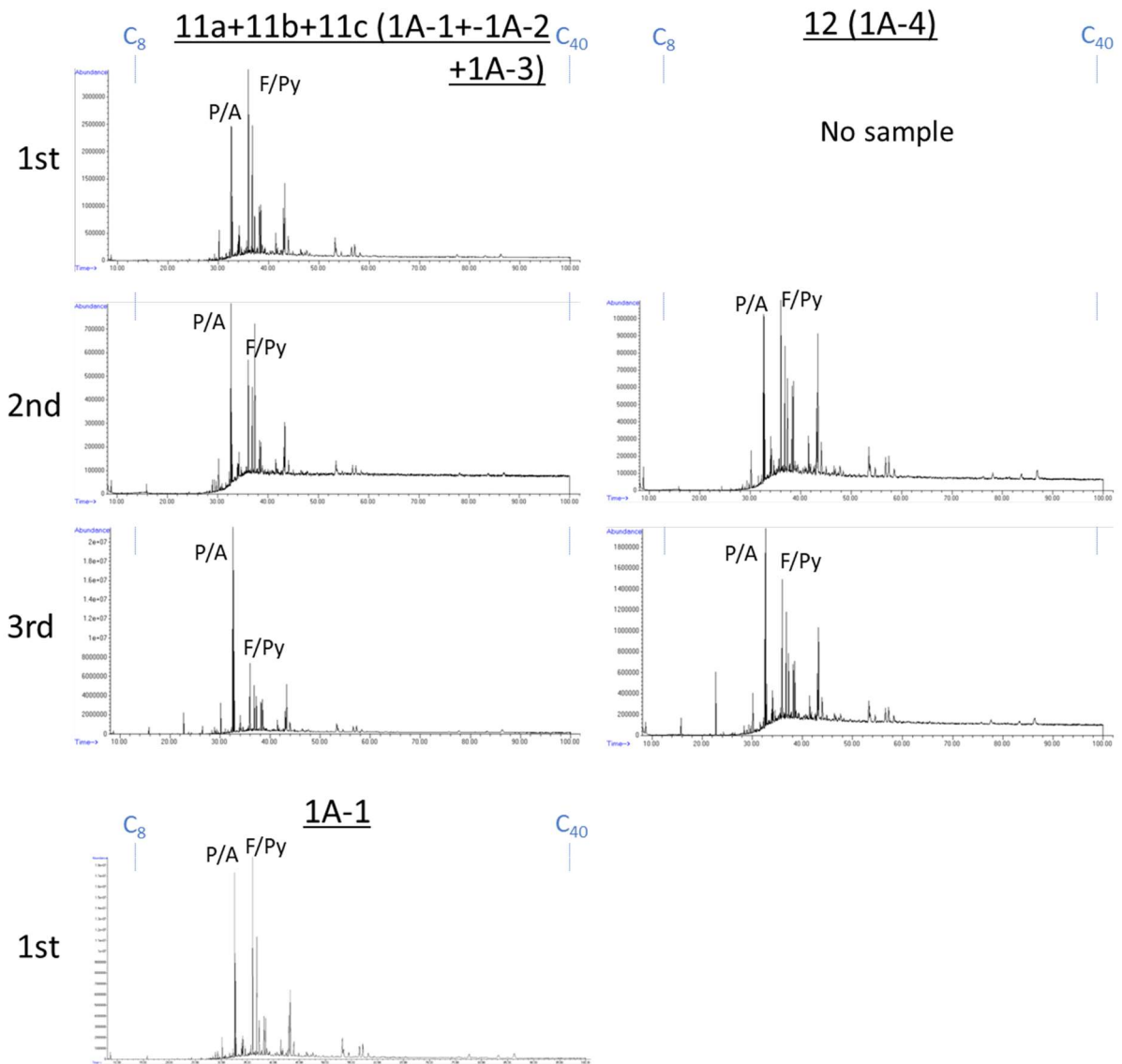


Figure 6 Total ion chromatograms of samples taken from sampling points with inoculation of microorganisms (below) at pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium). P/A – phenanthrene/anthracene, F/Py – fluoranthene/pyrene. Specific sampling location and testing conditions are described in Tab. 1.

3.2 Distribution patterns of hydrocarbon classes (SIM measurements)

In order to evaluate biodegradation, distribution patterns of hydrocarbons with varying biodegradability (Fig. 2) were determined by GC/MS-screening in single ion mode (SIM) and plotted for the investigated sampling points (Fig. 7-13). The following compound classes with specific mass fragments and increasing microbial persistence (i to vi) were taken into account for evaluating biodegradation:

- i) *n*-alkanes: $m/z - 85$
- ii) C_2 -alkylbenzenes: $m/z - 106$
- iii) C_3 -alkylbenzenes: $m/z - 105$
- iv) isoprenoides: $m/z - 113$
- v) steranes including alkylated PAHs: $m/z - 217$
- vi) triaromatic steroids including alkylated PAHs: $m/z - 231$.

The single ion mode (SIM) chromatograms of the compound classes of all phytople samples illustrate a relatively similar pattern within the range of C_{10} to C_{40} hydrocarbons at the time point before inoculation (1st sampling, Fig. 7-12). The pattern of the mass fragments 106 and 113 belongs to the fraction of (alkylated) PAHs and not to C_2 -alkylbenzenes/isoprenoids (Appendix), confirming the minor fraction of *n*-alkanes, isoprenoids and monoaromatic hydrocarbons in all samples.

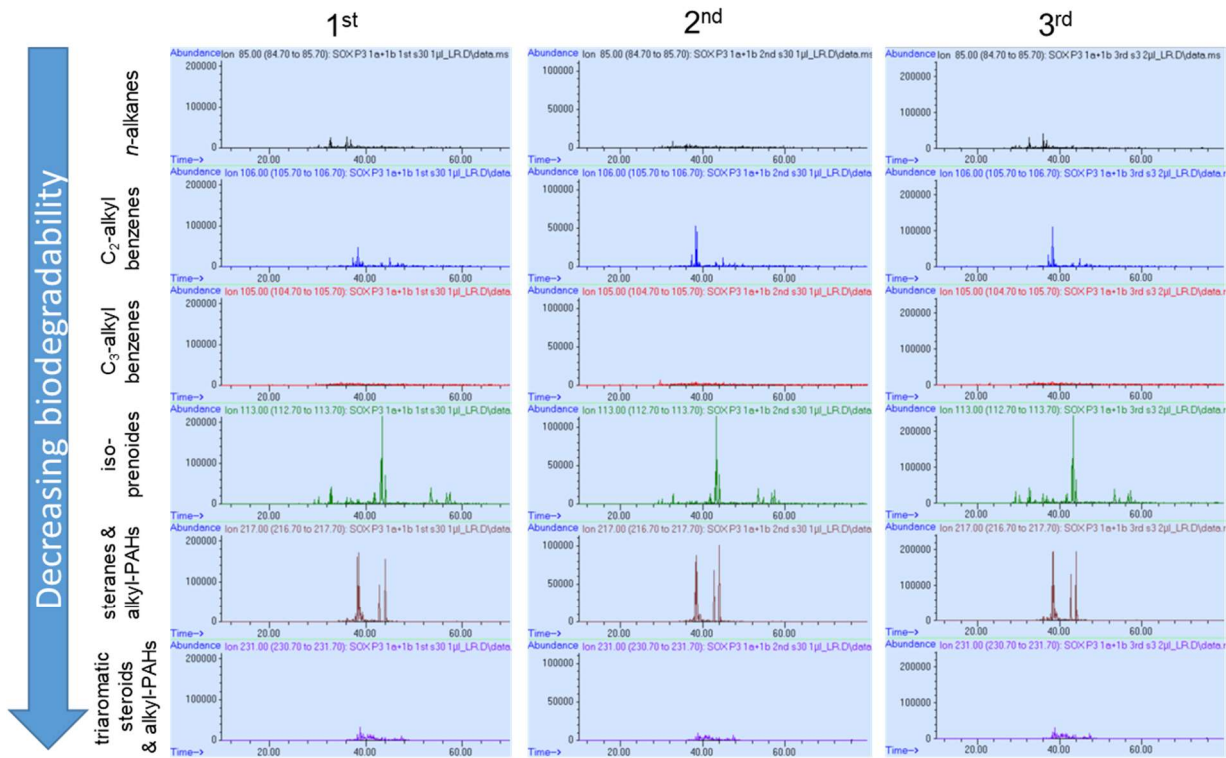
The SIM pattern of compound classes of the control phytople samples (without inoculation of microorganisms) did not change within the time of investigation (Fig. 7-9).

The SIM pattern of compound classes of the phytople samples with inoculation of microorganisms did not change within the time of investigation (Fig. 10-12), indicating a limited biodegradation effect.

PAHs exhibit different affinities for biodegradation. There is a general trend that microbial persistence of PAHs increases with increasing number of aromatic rings and alkylation (5-8). In order to examine such a trend, distribution pattern of non-substituted and C_2 -alkylated PAHs were plotted as well (Fig. 13-18):

- naphthalene: $m/z - 128$
- C_2 -naphthalenes: $m/z - 156$
- anthracene/phenanthrene: $m/z - 178$
- C_2 -anthracenes/phenanthrenes: $m/z - 206$
- pyrene/fluoranthene: $m/z - 202$
- C_2 -pyrenes/fluoranthenes: $m/z - 230$

1a + 1b (2B-2 + 2B-3; no aeration control, no top layer, Mistral coat)



2a + 2c (2B-4 + 2B-5; no aeration control, no top layer, Mistral)

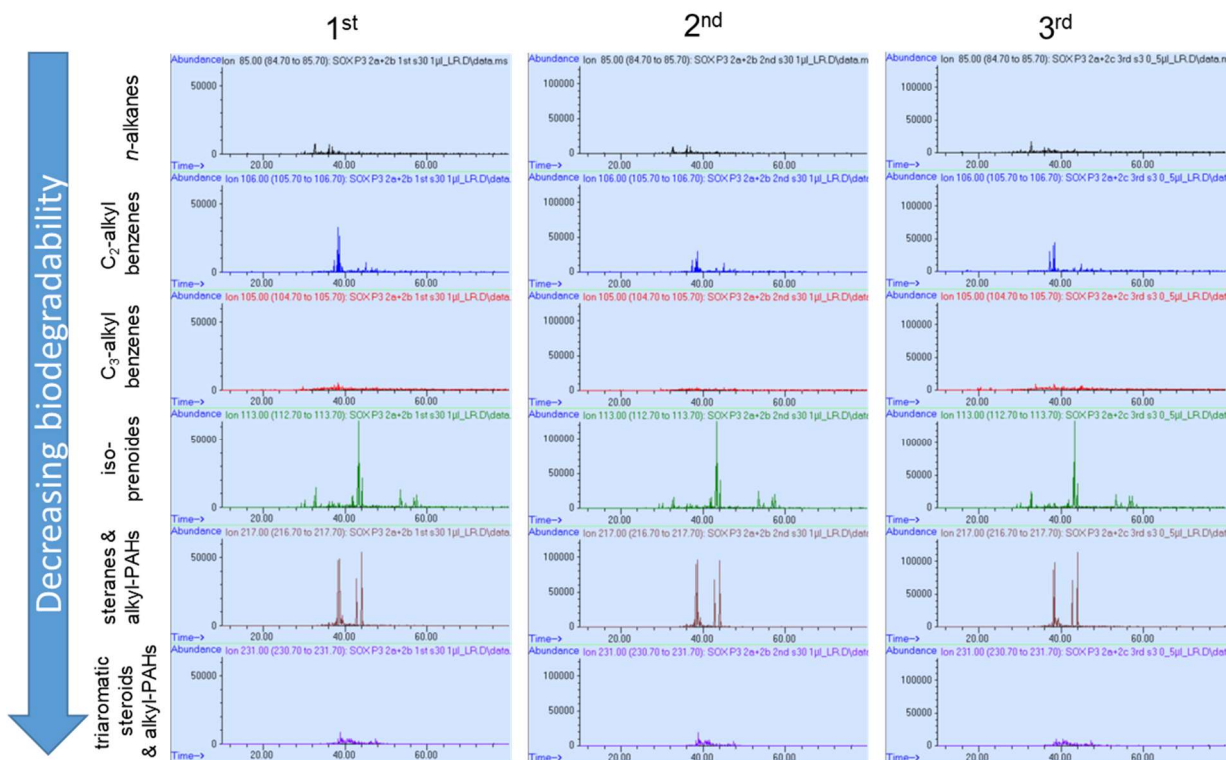


Figure 7 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of n-alkanes ($m/z - 85$), C₂-alkylbenzenes ($m/z - 106$), C₃-alkylbenzenes ($m/z - 105$), isoprenoides ($m/z - 113$), steranes including alkylated PAHs ($m/z - 217$) and triaromatic steroids including alkylated PAHs ($m/z - 231$) for the combined piles 2B-2+2B-3 and 2B-4+ 2B-5 (without inoculation, Tab. 1) at the pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).

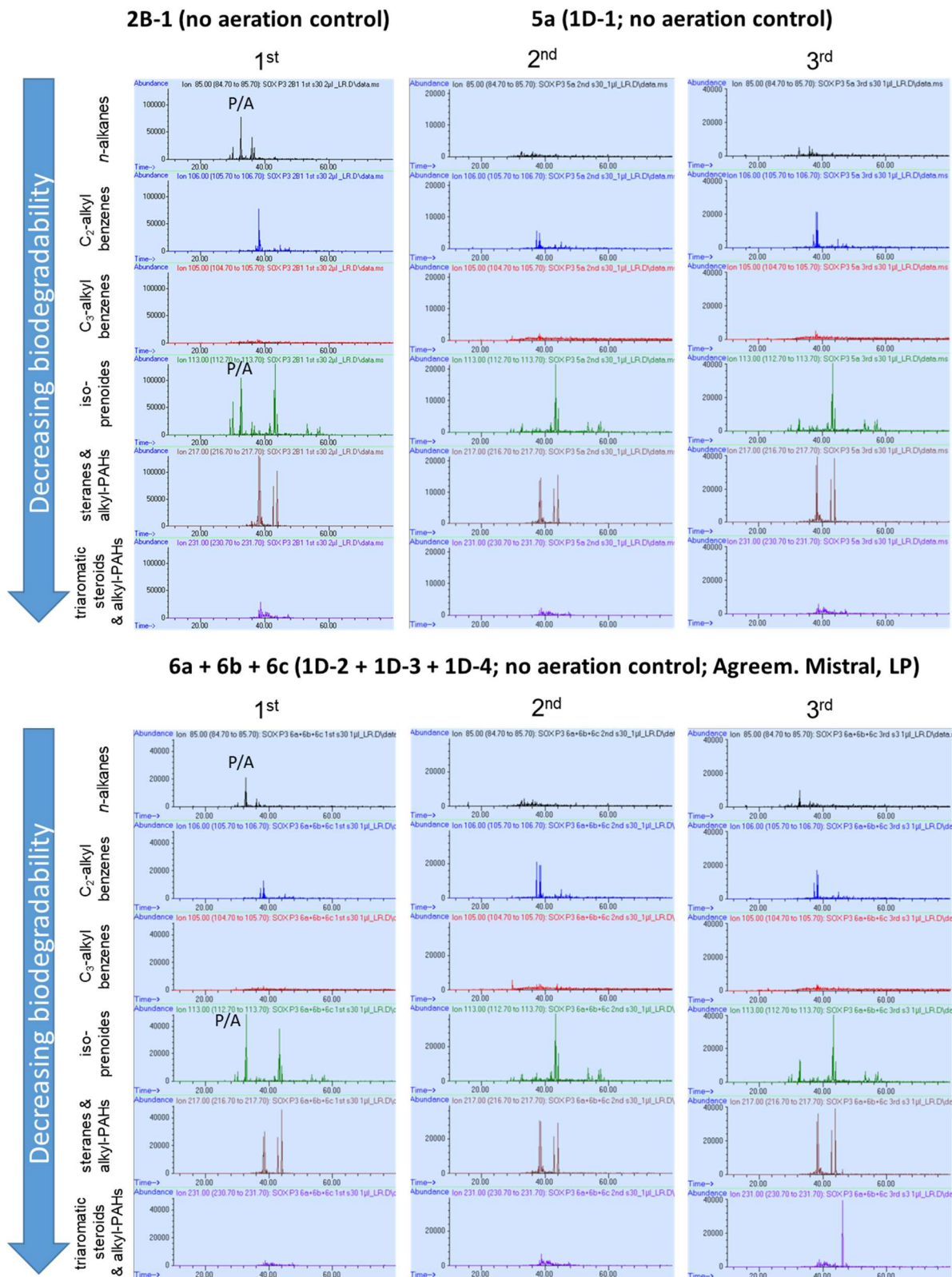
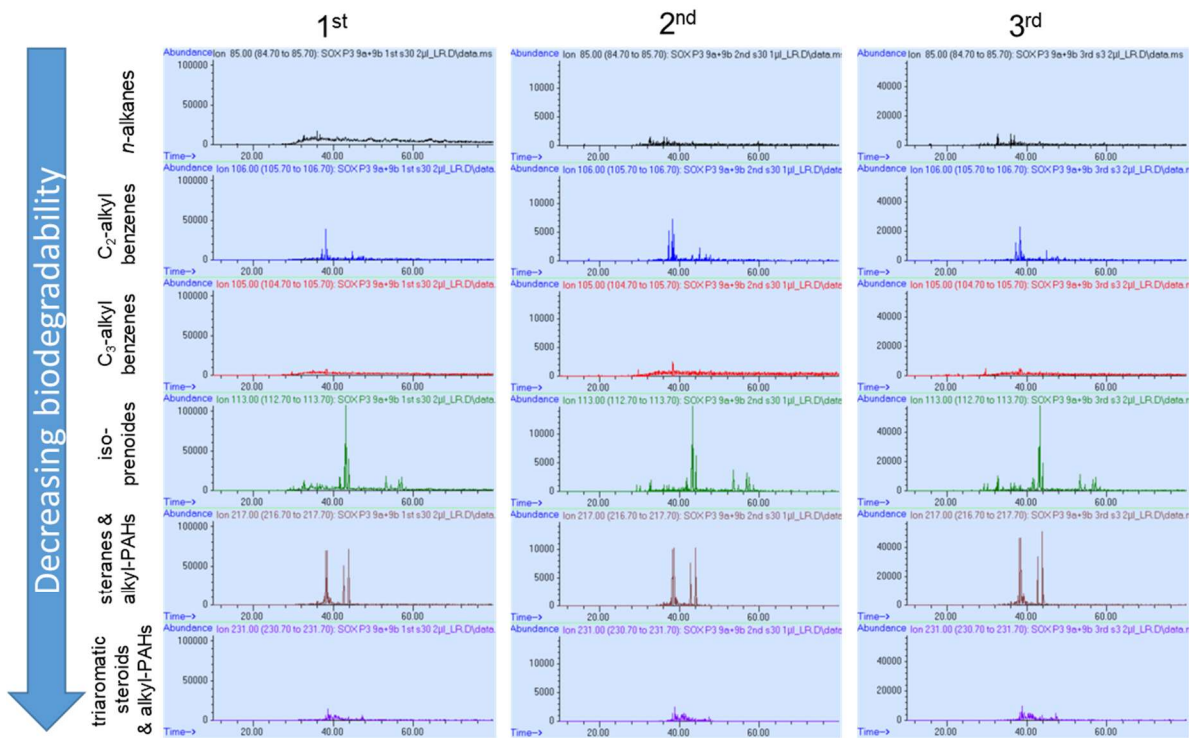


Figure 8 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of *n*-alkanes ($m/z - 85$), C_2 -alkylbenzenes ($m/z - 106$), C_3 -alkylbenzenes ($m/z - 105$), isoprenoids ($m/z - 113$), steranes including alkylated PAHs ($m/z - 217$) and triaromatic steroids including alkylated PAHs ($m/z - 231$) for the piles 2B-1, 1D-1 and 1D-2+1D-3+1D-4 (without inoculation, Tab. 1) at the pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium). P/A – phenanthrene/anthracene

9a + 9b (1C-1 + 1C-2; no aeration control; Agreem. + Mistral)



10a + 10b (1C-3 + 1C-4; no aeration control; Agr + Mistral coat)

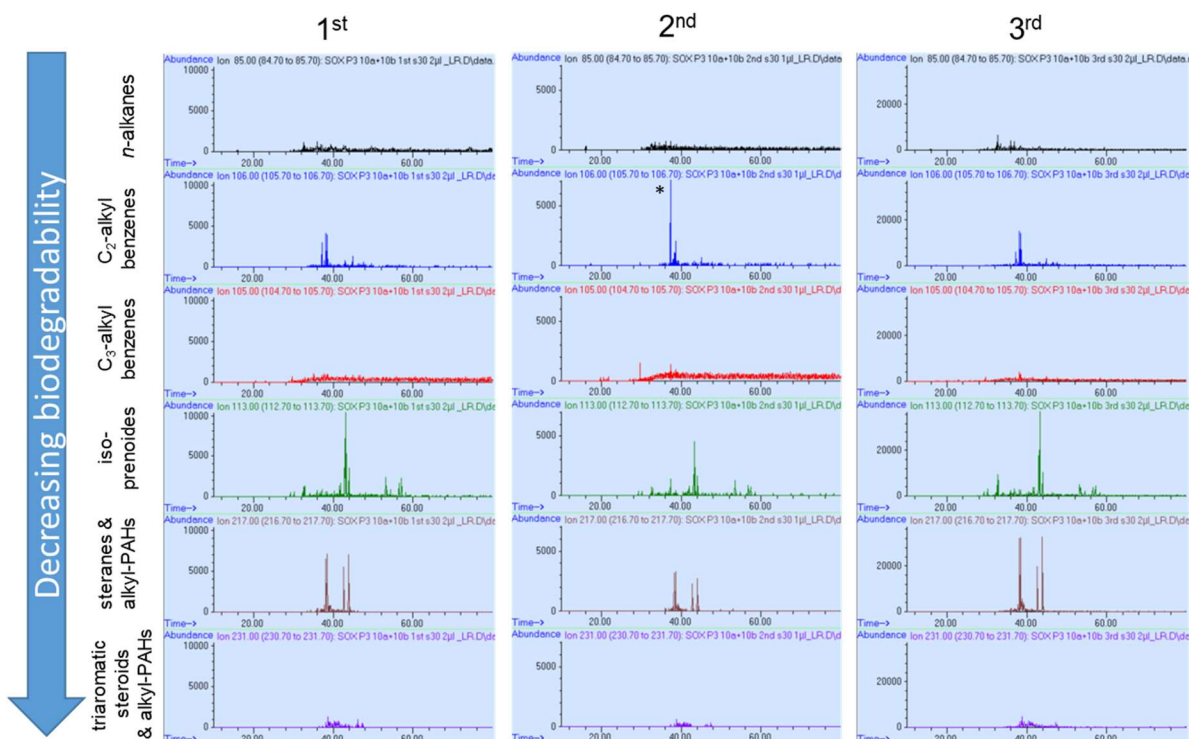
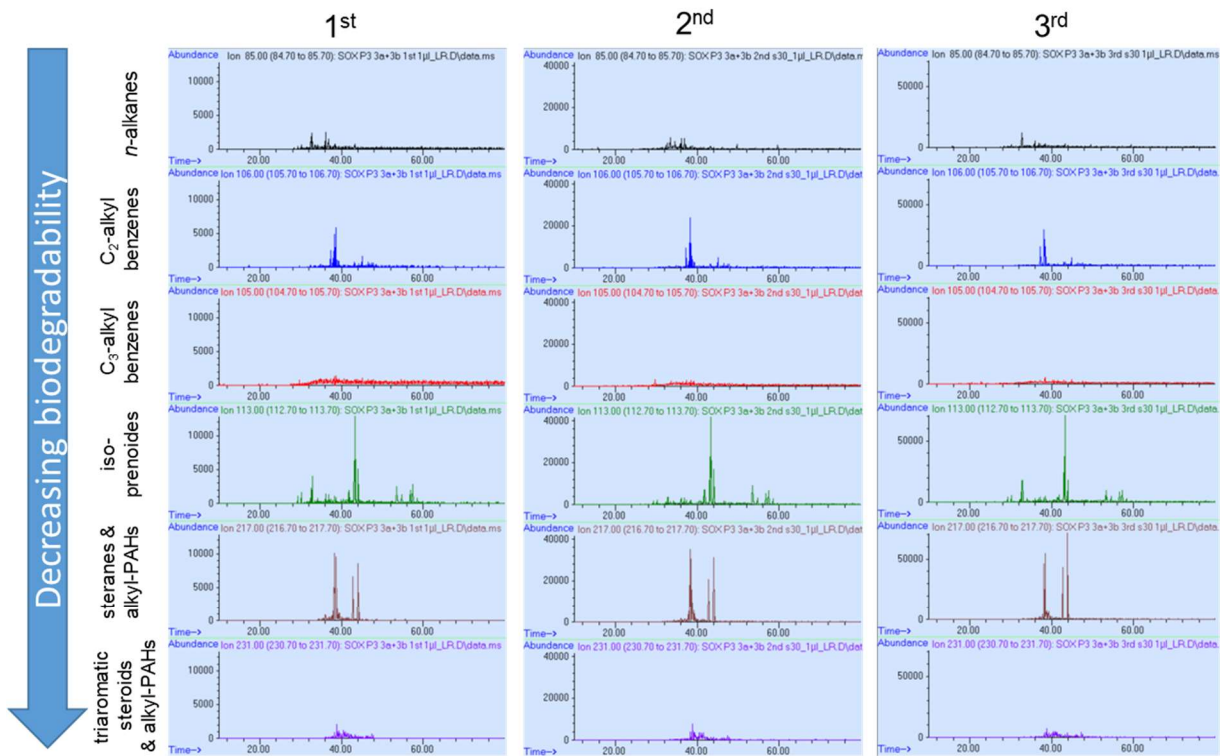


Figure 9 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of n-alkanes ($m/z - 85$), C₂-alkylbenzenes ($m/z - 106$), C₃-alkylbenzenes ($m/z - 105$), isoprenoides ($m/z - 113$), steranes including alkylated PAHs ($m/z - 217$) and triaromatic steroids including alkylated PAHs ($m/z - 231$) for the combined piles 1C-1+1C-2 and 1C-3+1C-4 (without inoculation, Tab. 1) at the pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium). * – internal standard

3a + 3b (2A-2 + 2A-3; air + inoculation; Grandslam/Mistral/FB)



4a + 4b (2A-4 + 2A-5; air + inoculation; Mistral coat/Agr coat)

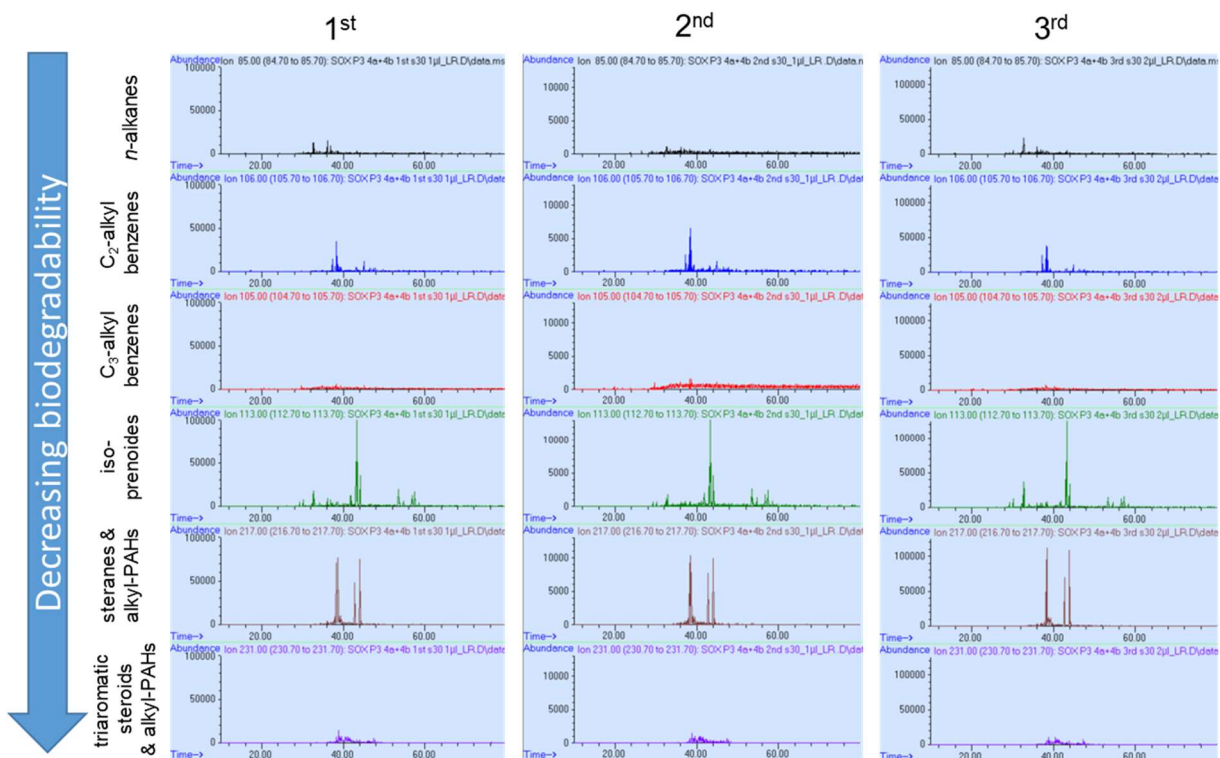
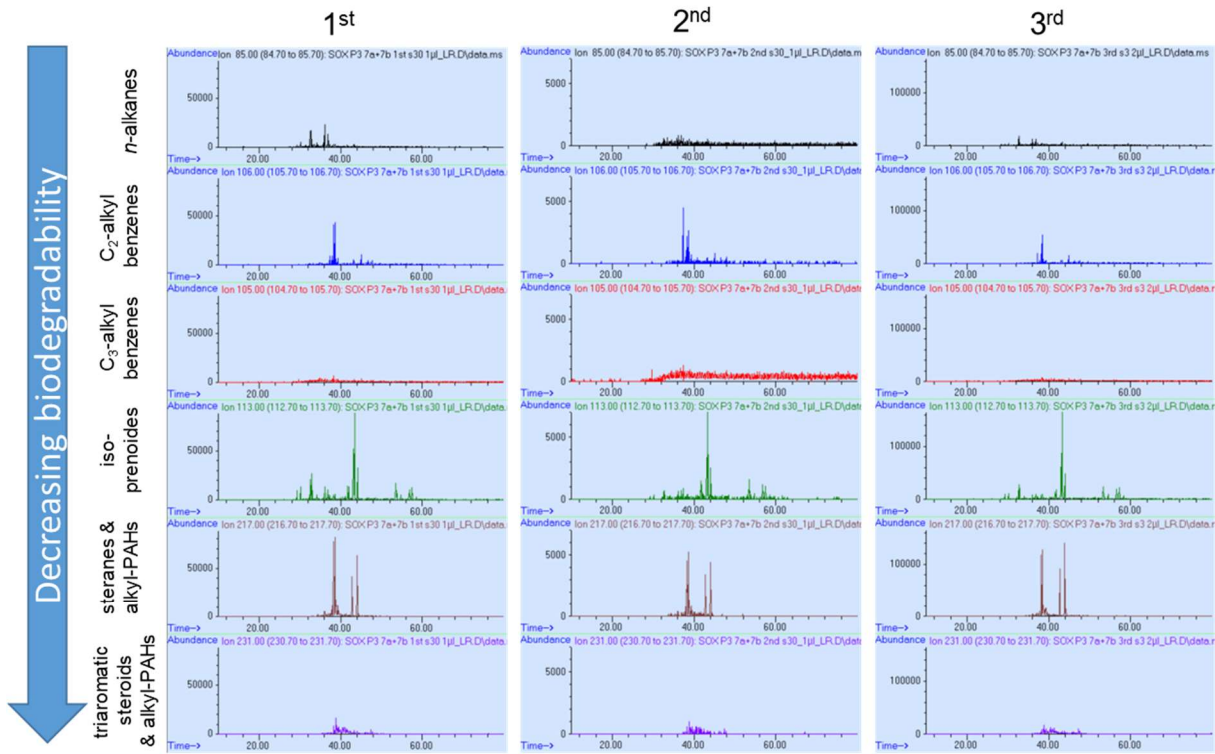


Figure 10 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of n-alkanes ($m/z - 85$), C₂-alkylbenzenes ($m/z - 106$), C₃-alkylbenzenes ($m/z - 105$), isoprenoides ($m/z - 113$), steranes including alkylated PAHs ($m/z - 217$) and triaromatic steroids including alkylated PAHs ($m/z - 231$) for the combined phytopiles 2A-2+2A-3 and 2A-4+2A-5 (with inoculation, Tab. 1) at the pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).

7a + 7b (1B-1 + 1B-4; air + inoculation; Agruem./Mistral)



8a + 8b (1B-2 + 1B-3; air + inoculation; Agr + Mistral coat)

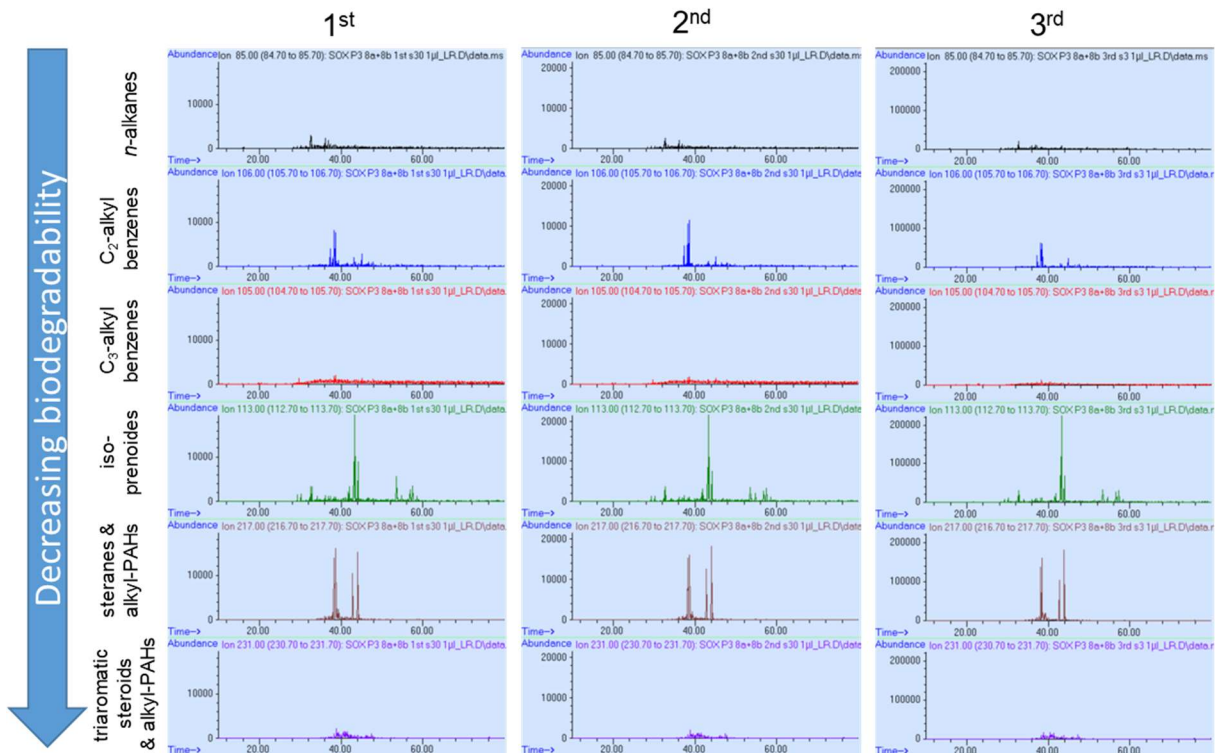


Figure 11 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of *n*-alkanes ($m/z - 85$), C_2 -alkylbenzenes ($m/z - 106$), C_3 -alkylbenzenes ($m/z - 105$), isoprenoides ($m/z - 113$), steranes including alkylated PAHs ($m/z - 217$) and triaromatic steroids including alkylated PAHs ($m/z - 231$) for the combined phytopiles 1B-1+1B-4 and 1B-2 + 1B-3 (with inoculation, Tab. 1) at the pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).

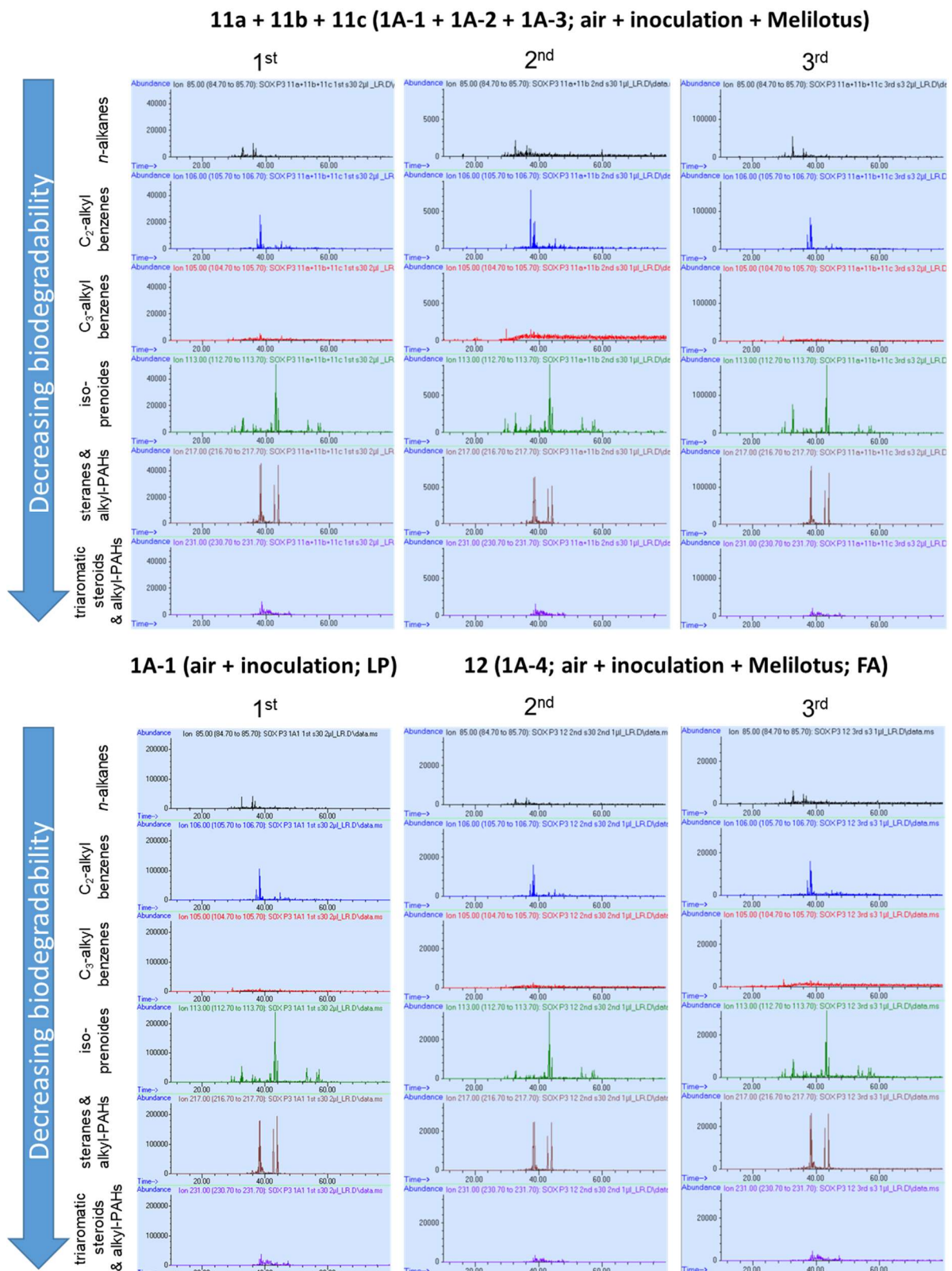
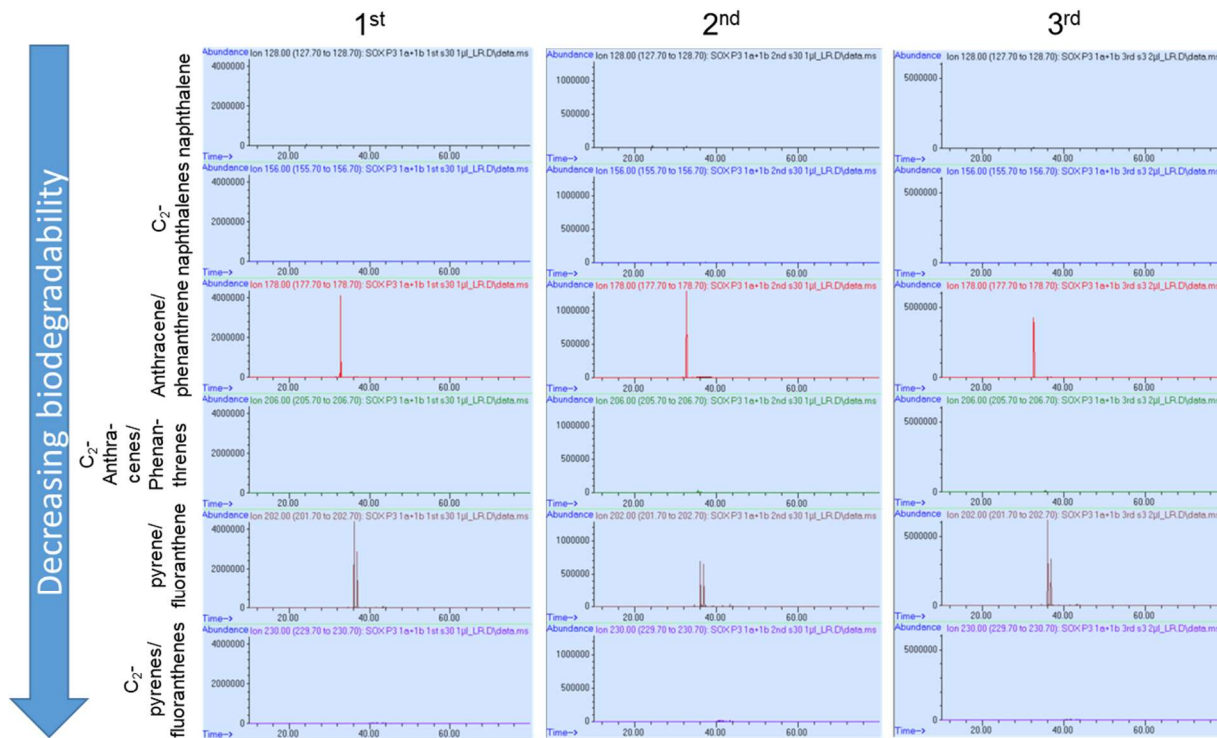


Figure 12 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of *n*-alkanes ($m/z - 85$), C_2 -alkylbenzenes ($m/z - 106$), C_3 -alkylbenzenes ($m/z - 105$), isoprenoides ($m/z - 113$), steranes including alkylated PAHs ($m/z - 217$) and triaromatic steroids including alkylated PAHs ($m/z - 231$) for the combined phytopyles 1A-1+1A-2+1A-3 as well as 1A-1 and 1A-4 (with inoculation, Tab. 1) at the pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).

1a + 1b (2B-2 + 2B-3; no aeration control, no top layer, Mistral coat)



2a + 2c (2B-4 + 2B-5; no aeration control, no top layer, Mistral)

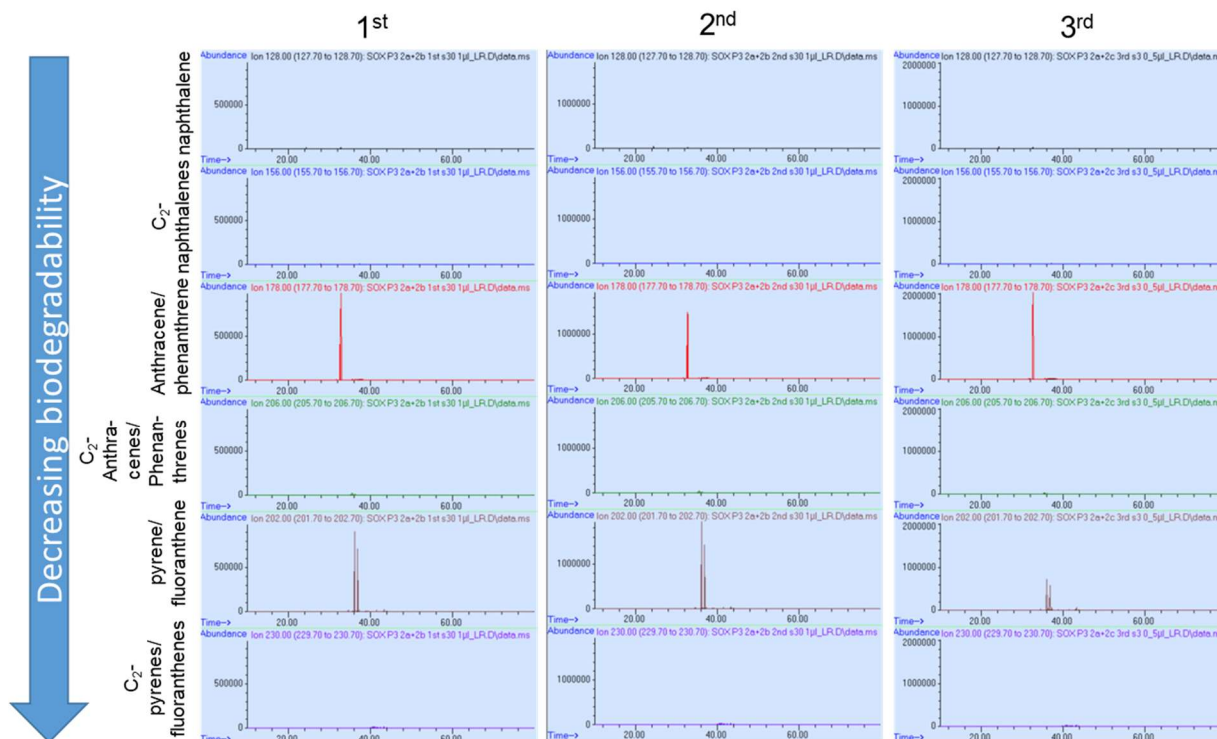


Figure 13 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of naphthalene ($m/z - 128$), C₂-naphthalenes ($m/z - 156$), anthracene/phenanthrene ($m/z - 178$), C₂-anthracenes/phenanthrenes ($m/z - 206$), pyrene/fluoranthene ($m/z - 202$) and C₂-pyrenes/fluoranthenes ($m/z - 230$) for the combined phytospiles 2B-2+2B-3 and 2B-4+2B-5 (without inoculation, Tab. 1) at the pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).

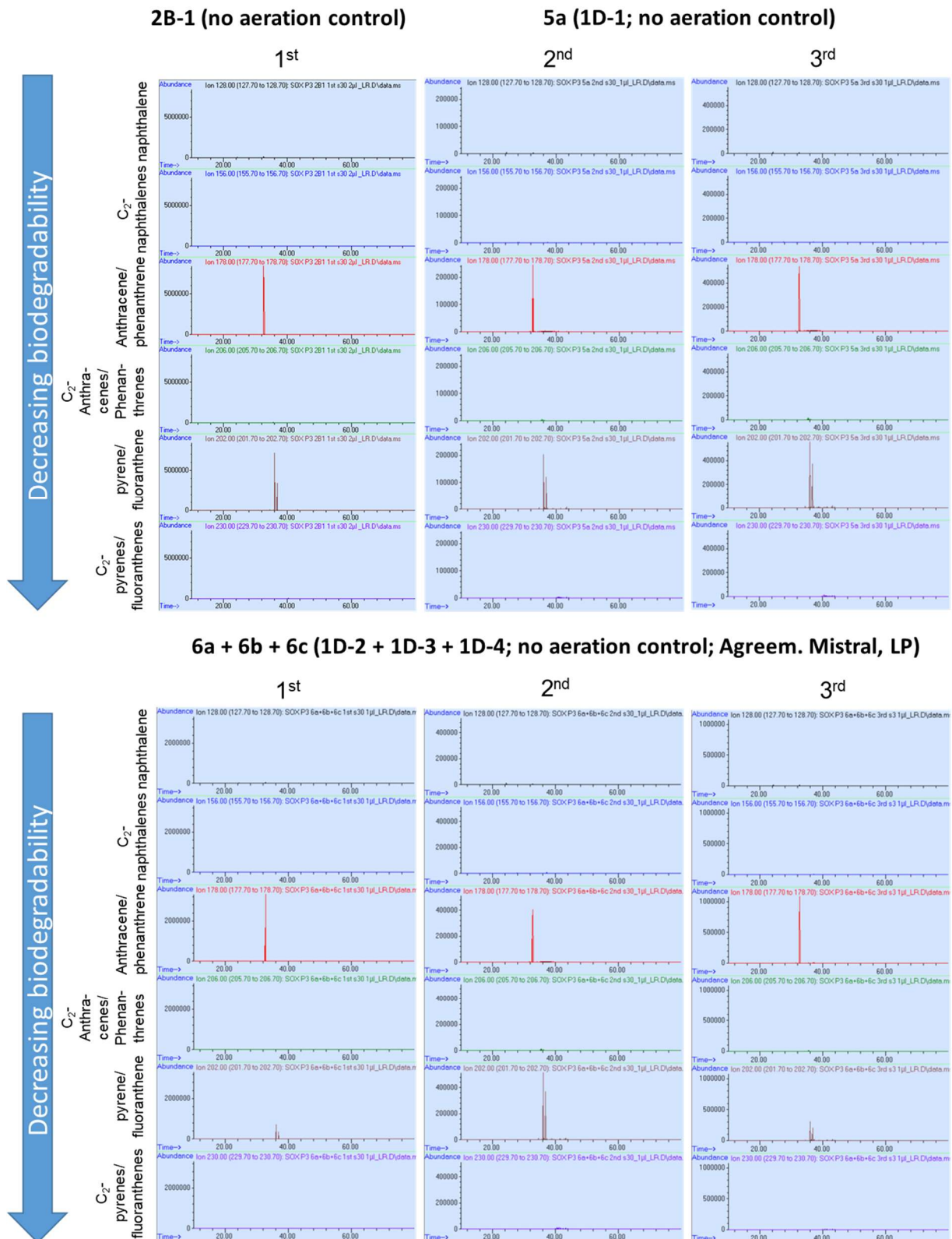
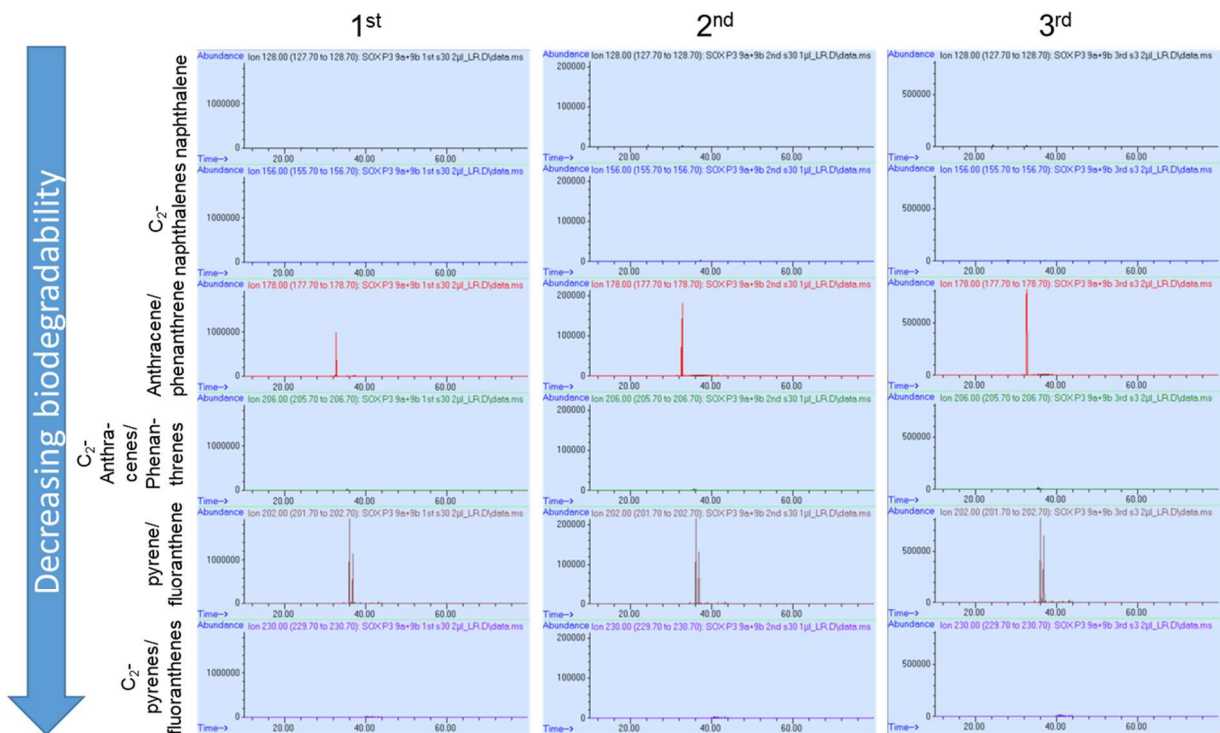


Figure 14 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of naphthalene ($m/z - 128$), C_2 -naphthalenes ($m/z - 156$), anthracene/phenanthrene ($m/z - 178$), C_2 -anthracenes/phenanthrenes ($m/z - 206$), pyrene/fluoranthene ($m/z - 202$) and C_2 -pyrenes/fluoranthenes ($m/z - 230$) for phytopiles 2B-1, 1D-1 as well as the combined phytopiles 1D-1+1D-3+1D-4 (without inoculation, Tab. 1) at the pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).

9a + 9b (1C-1 + 1C-2; no aeration control; Agreem. + Mistral)



10a + 10b (1C-3 + 1C-4; no aeration control; Agr + Mistral coat)

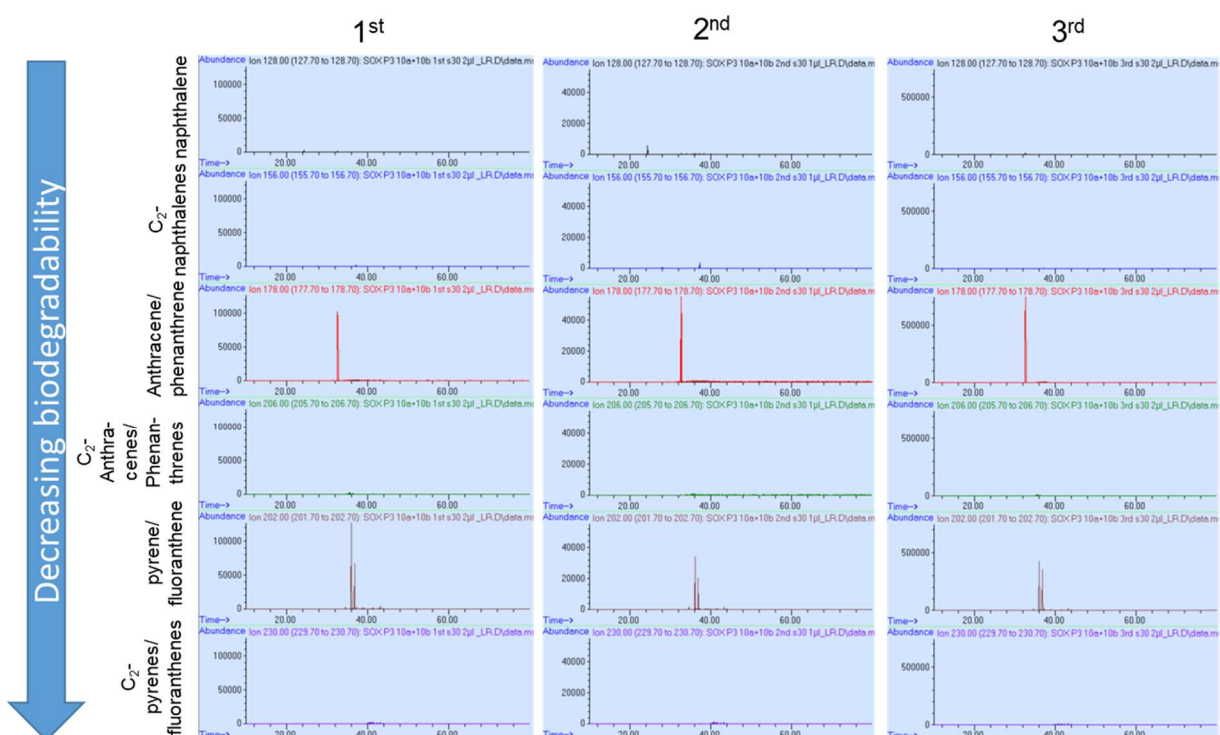


Figure 15 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of naphthalene ($m/z - 128$), C₂-naphthalenes ($m/z - 156$), anthracene/phenanthrene ($m/z - 178$), C₂-anthracenes/phenanthrenes ($m/z - 206$), pyrene/fluoranthene ($m/z - 202$) and C₂-pyrenes/fluoranthenes ($m/z - 230$) for the combined phytopiles 1C-1+1C-2 and 1C-3+1C-4 (without inoculation, Tab. 1) at the pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).

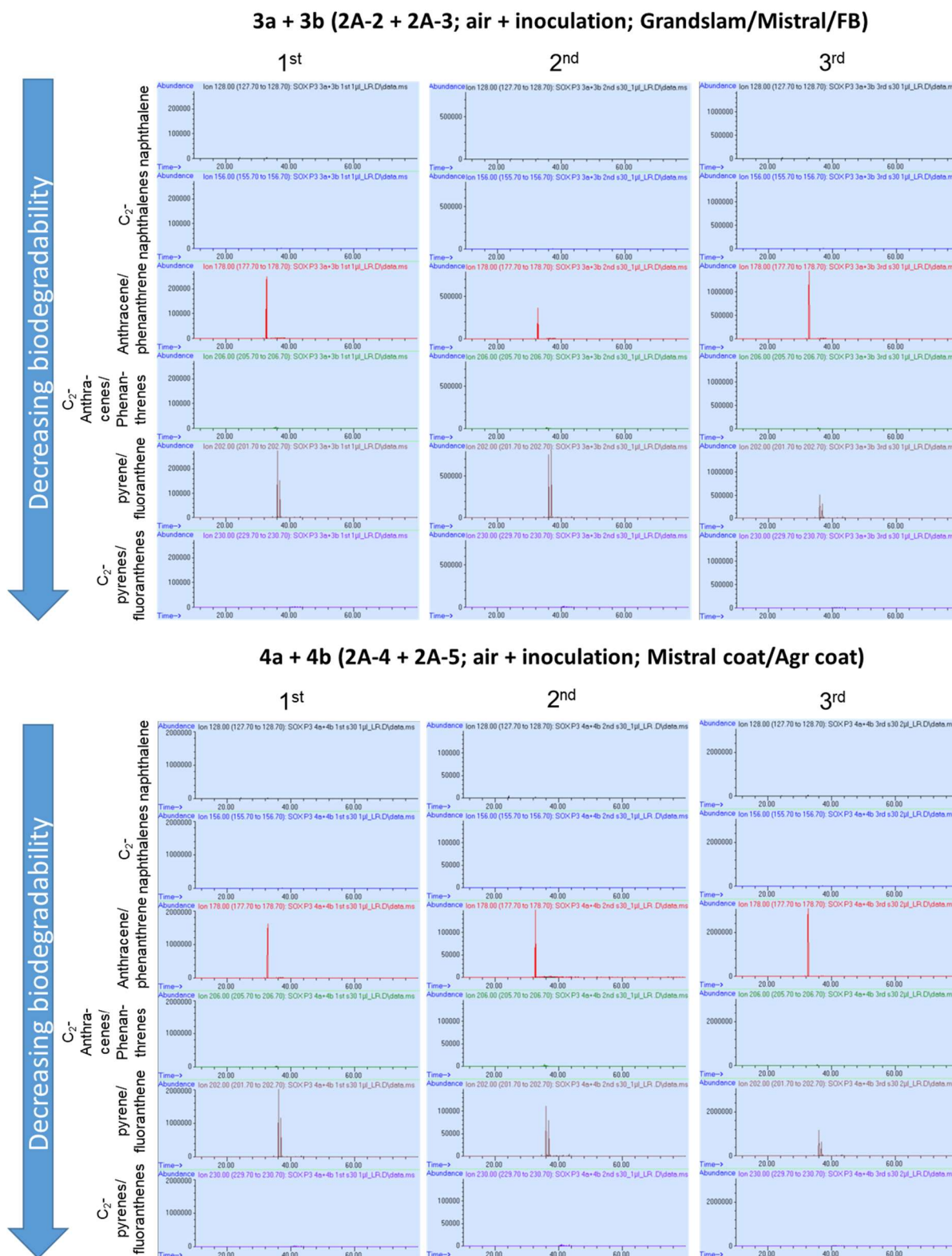
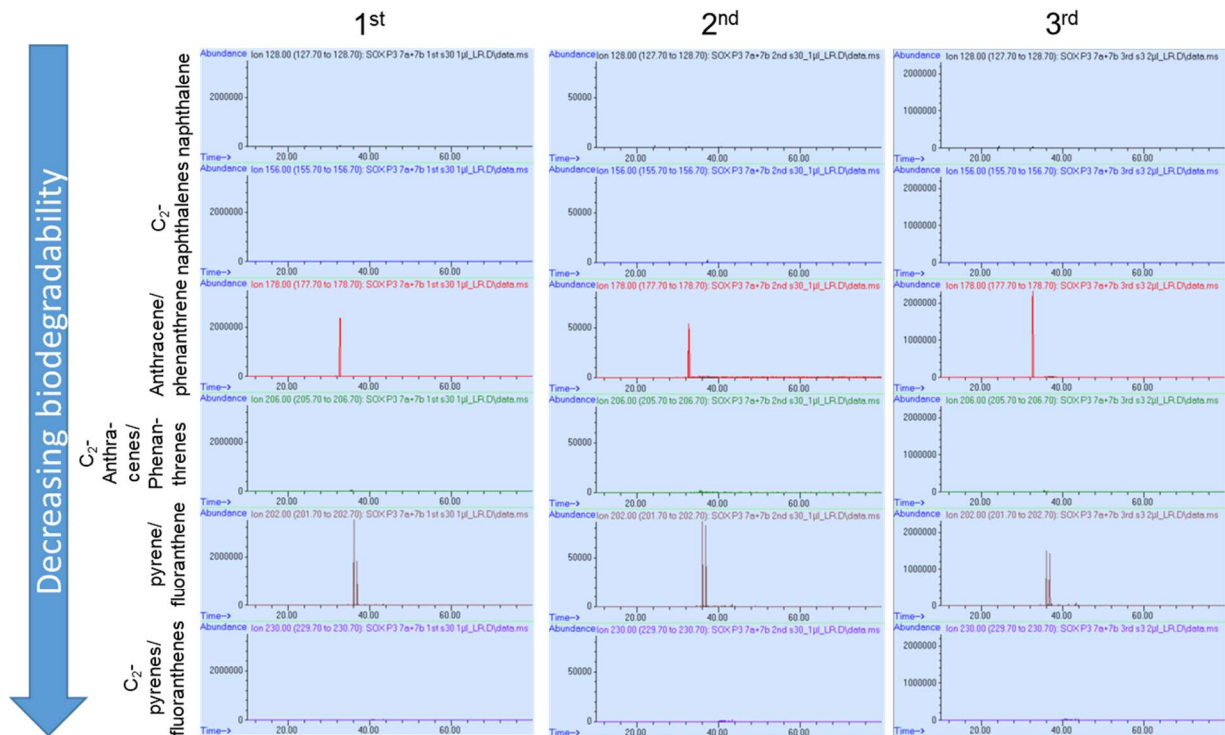


Figure 16 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of naphthalene ($m/z - 128$), C₂-naphthalenes ($m/z - 156$), anthracene/phenanthrene ($m/z - 178$), C₂-anthracenes/phenanthrenes ($m/z - 206$), pyrene/fluoranthene ($m/z - 202$) and C₂-pyrenes/fluoranthenes ($m/z - 230$) for the combined phytopiles 2A-2+2A-3 and 2A-4+2A-5 (with inoculation, Tab. 1) at the pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).

7a + 7b (1B-1 + 1B-4; air + inoculation; Agreem./Mistral)



8a + 8b (1B-2 + 1B-3; air + inoculation; Agr + Mistral coat)

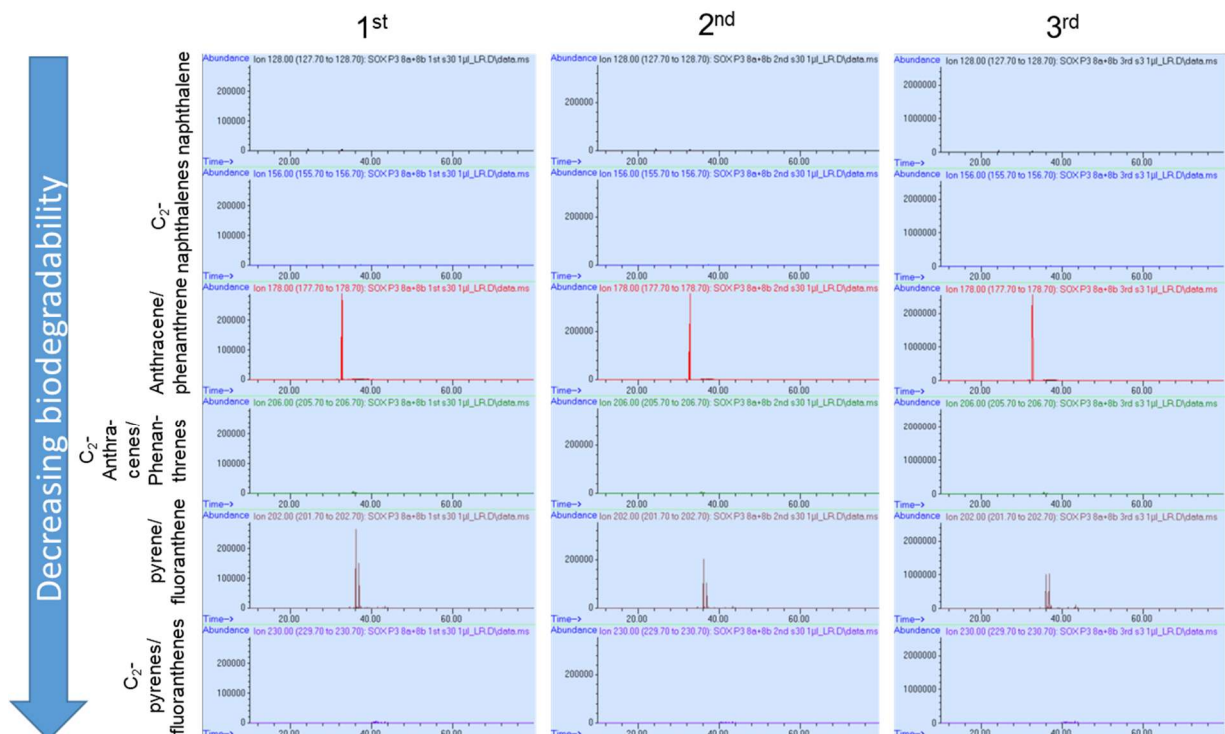


Figure 17 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of naphthalene ($m/z - 128$), C₂-naphthalenes ($m/z - 156$), anthracene/phenanthrene ($m/z - 178$), C₂-anthracenes/phenanthrenes ($m/z - 206$), pyrene/fluoranthene ($m/z - 202$) and C₂-pyrenes/fluoranthenes ($m/z - 230$) for the combined phytotiles 1B-1 +1B-4 and 1B-2+1B-3 (with inoculation, Tab. 1) at the pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).

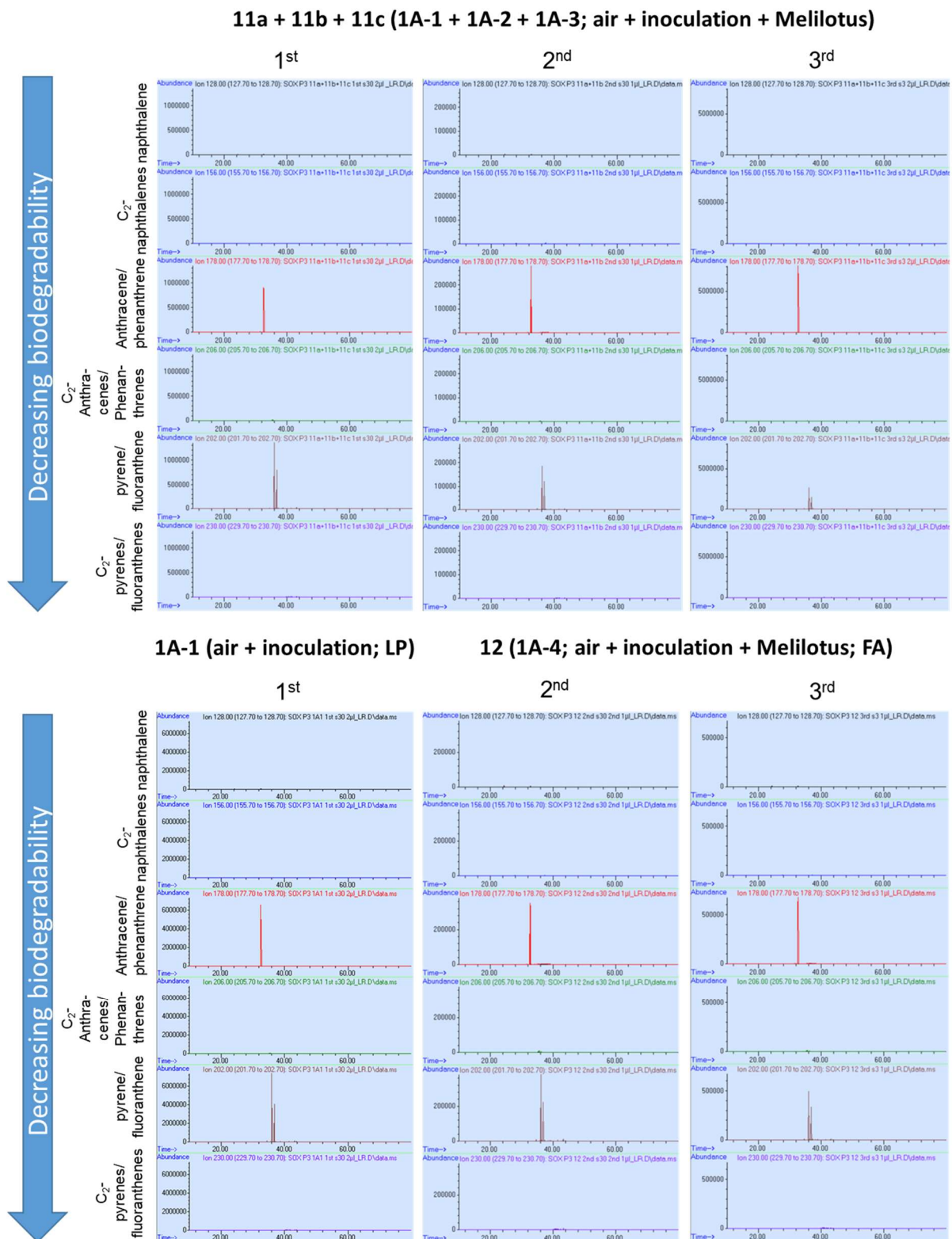
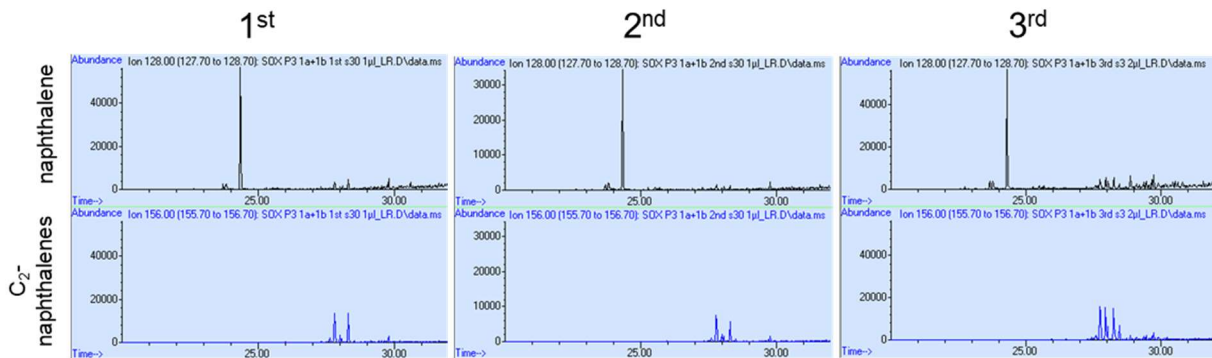
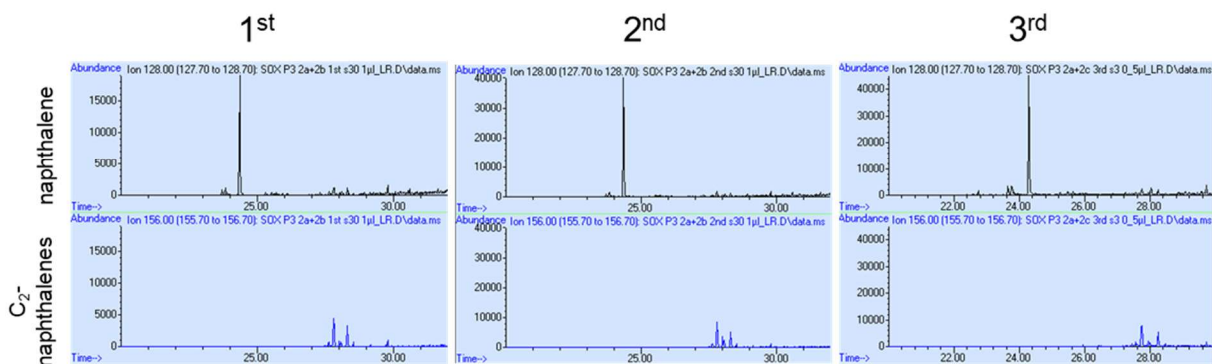


Figure 18 Single-ion-mode (SIM) chromatograms of naphthalene ($m/z - 128$), C_2 -naphthalenes ($m/z - 156$), anthracene/phenanthrene ($m/z - 178$), C_2 -anthracenes/phenanthrenes ($m/z - 206$), pyrene/fluoranthene ($m/z - 202$) and C_2 -pyrenes/fluoranthenes ($m/z - 230$) for the combined phytotiles 1A-1+1A-2+1A-3 as well as the phytotiles 1A-1 and 1A-4 (with inoculation, Tab. 1) at the pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).

1a + 1b (2B-2 + 2B-3; no aeration control, no top layer, Mistral coat)



2a + 2c (2B-4 + 2B-5; no aeration control, no top layer, Mistral)



2B-1 (no aeration control)

5a (1D-1; no aeration control)

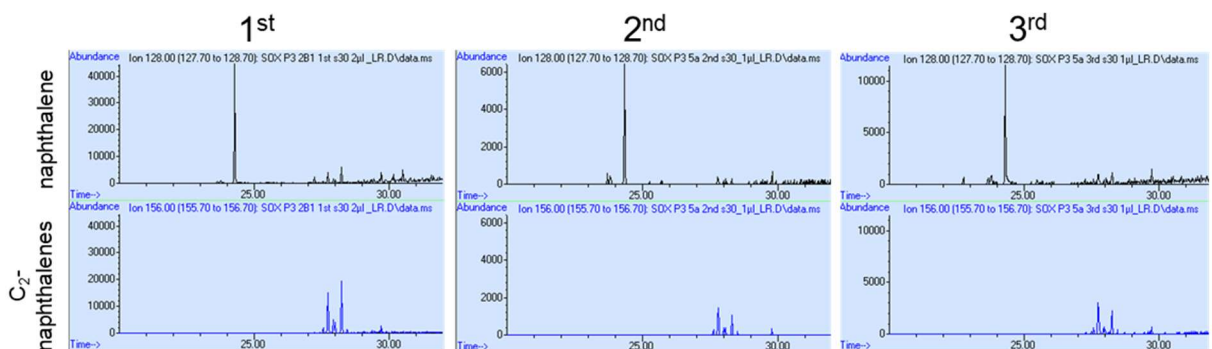


Figure 19 Focused SIM chromatograms on naphthalene ($m/z - 128$) and C₂-naphthalenes ($m/z - 156$) for the combined phytopyles 2B-2+2B-3, 2B-4+2B-5, 2B-1 and 1D-1 (without inoculation, Tab. 1) at the pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).

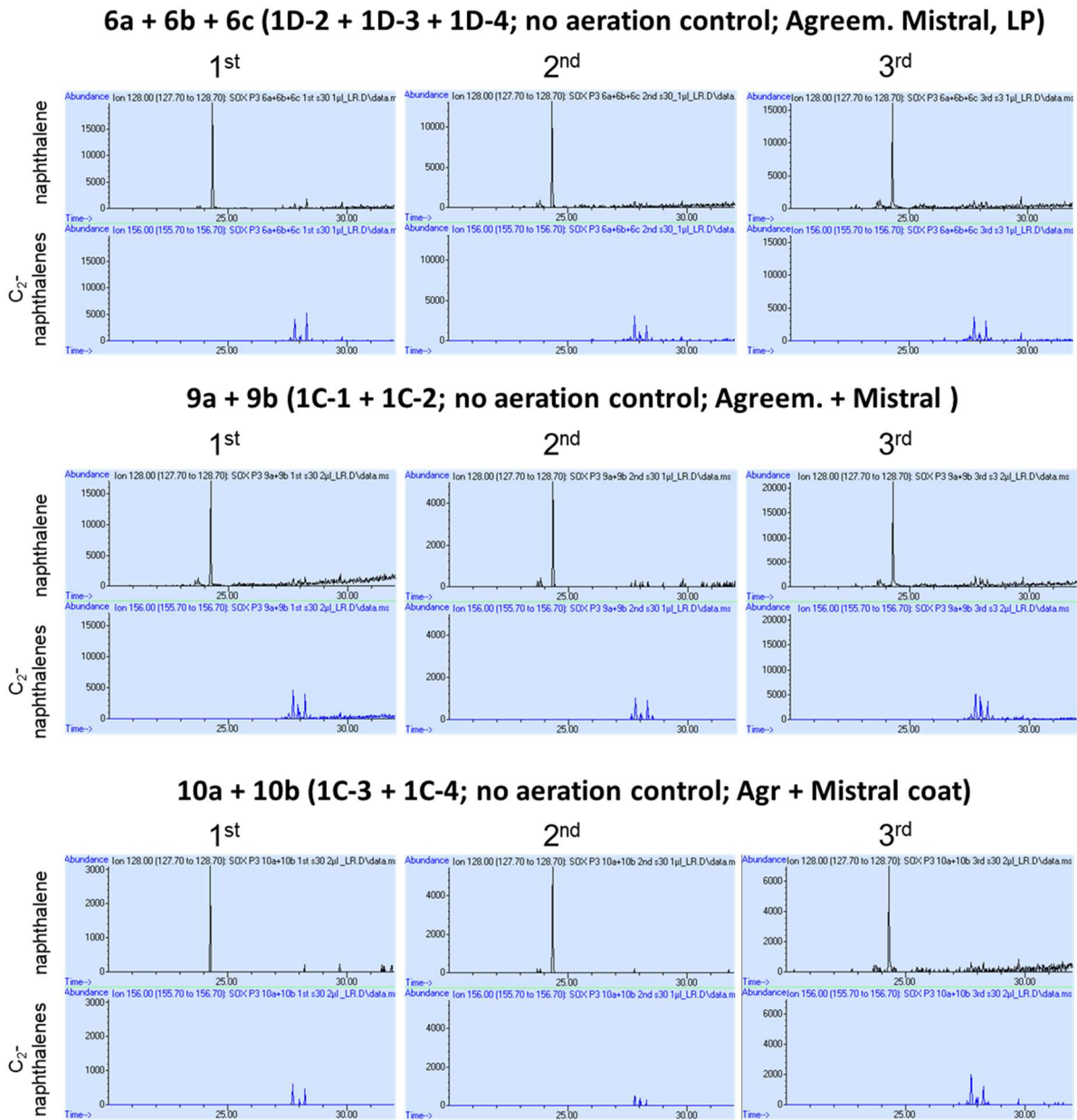
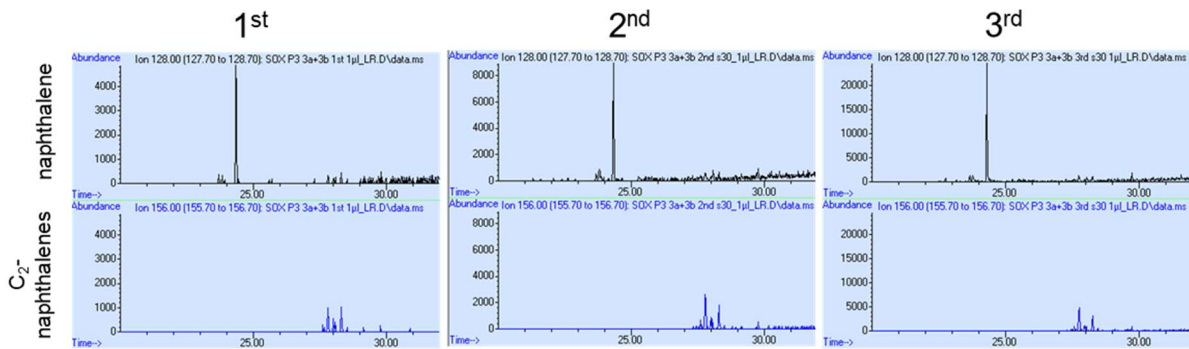
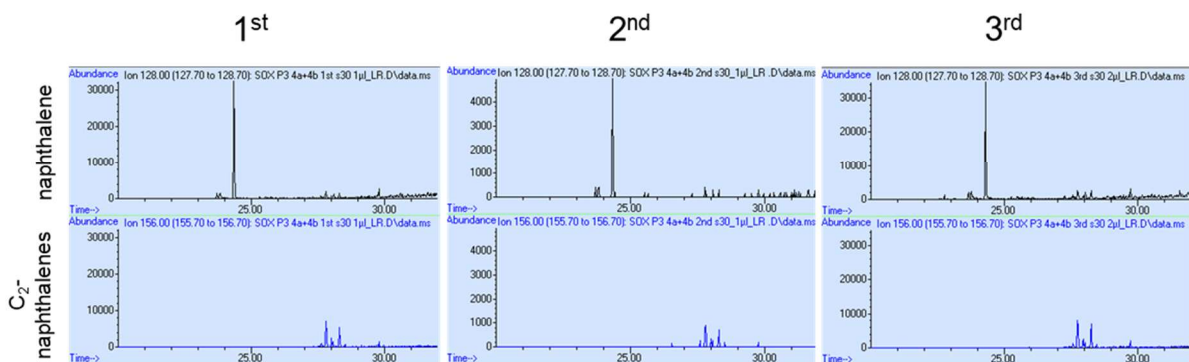


Figure 20 Focused SIM chromatograms on naphthalene ($m/z - 128$) and C₂-naphthalenes ($m/z - 156$) for the combined phytopyles 1D-2+1D-3+1D-4, 1C-1+1C-2 and 1C-3+1C-4 (without inoculation, Tab. 1) at the pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).

3a + 3b (2A-2 + 2A-3; air + inoculation; Grandslam/Mistral/FB)



4a + 4b (2A-4 + 2A-5; air + inoculation; Mistral coat/Agr coat)



7a + 7b (1B-1 + 1B-4; air + inoculation; Agreem./Mistral)

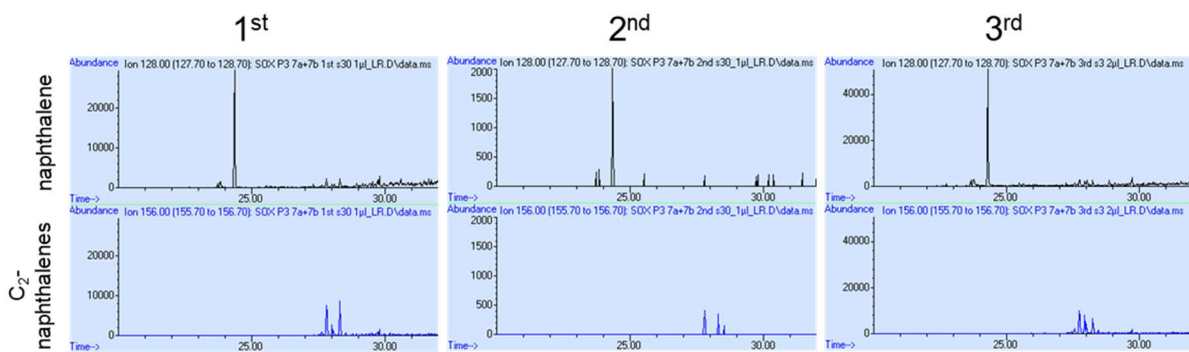
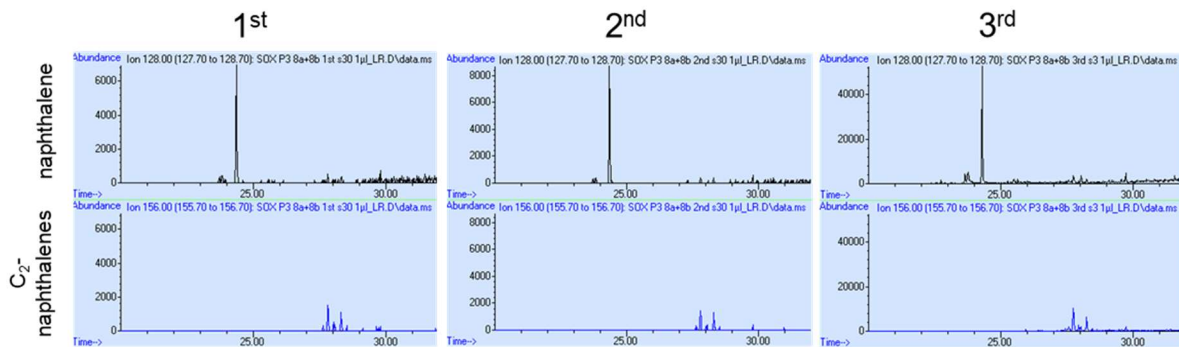
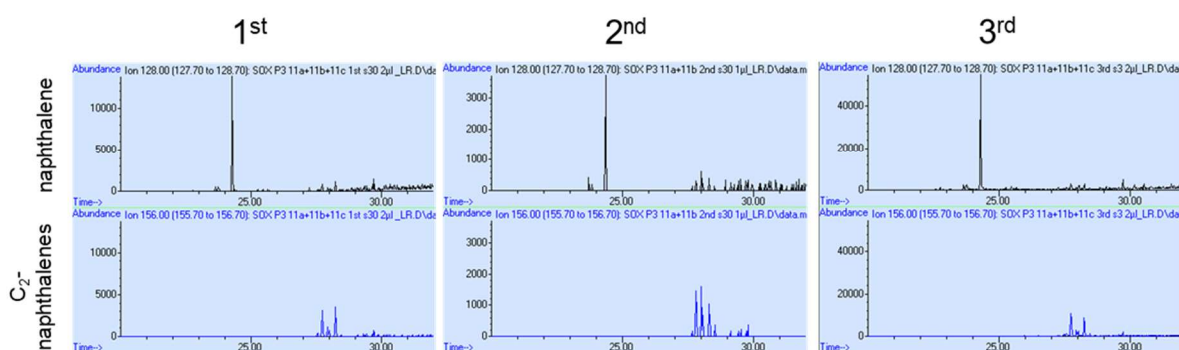


Figure 21 Focused SIM chromatograms on naphthalene ($m/z - 128$) and C_2 -naphthalenes ($m/z - 156$) for the combined phytopyles 2A-2+2A-3, 2A-4+2A-5 and 1B-1+1B-4 (with inoculation, Tab. 5) at the pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).

8a + 8b (1B-2 + 1B-3; air + inoculation; Agr + Mistral coat)



11a + 11b + 11c (1A-1 + 1A-2 + 1A-3; air + inoculation + Melilotus)



1A-1 (air + inoculation; LP)

12 (1A-4; air + inoculation + Melilotus; FA)

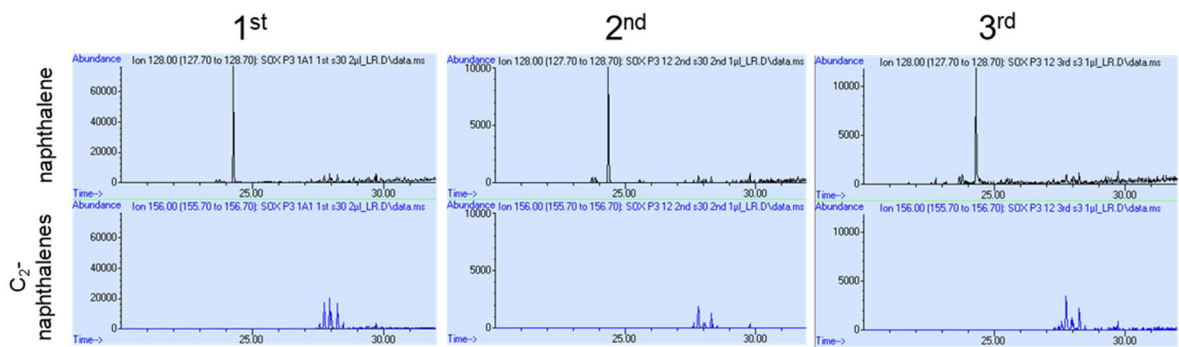


Figure 22 Focused SIM chromatograms on naphthalene ($m/z - 128$) and C_2 -naphthalenes ($m/z - 156$) for the combined phytopiles 1B-2+1B-3, 1A-1+1A-2+1A-3 as well as 2A-1 and 1A-4 (with inoculation, Tab. 1) at the pilotzone 3 of the Resanat site in Zeebrugge (Belgium).

The SIM chromatograms of PAHs of all phytopile samples illustrate a similar pattern with high mass peaks of phenanthrene/anthracene (m/z 178) and pyrene/fluoranthene (m/z 202) in comparison to naphthalene (m/z 128) and alkylated PAHs (m/z 156, 206, 230) (Fig. 13-18). Due to the high amount of phenanthrene/anthracene (m/z 178) and pyrene/fluoranthene (m/z 202), an additional SIM analysis focused on naphthalene (m/z 128) and C₂-naphthalenes (m/z 156) was performed for each sample (Fig. 19-22).

The SIM pattern of PAHs of samples from control phytopile (without inoculation of microorganisms, Tab. 1) 1a+1b (2B-2+2B-3), 5a (1D-1) and 9a+9b (1C-1+1C-2) did not change between the 1st and 3rd sampling, especially for C₂-alkylated PAHs in comparison to the non-substituted PAHs, indicating a limited PAH degradation. Only during the 2nd and not during the 1st and 3rd sampling of 6a+6b+6c (1D-2+1D-3+1D-4), the amount of pyrene/fluoranthene (m/z 202) was significantly increased in comparison to phenanthrene/anthracene (m/z 178) (Fig. 14). This can be attributed to inhomogeneous distributions of hydrocarbons in the soil. Whereas for 2a+2c (2B-4+2B-5) and 10a+10b (1C-3+1C-4) the amount of pyrene/fluoranthene (m/z 202) decreased in comparison to phenanthrene/anthracene (m/z 178) over time (Fig. 13 & 15), which confirms the TIC analyses and could be attributed to an unexpected, more pronounced degradation of pyrene/fluoranthene. The SIM pattern of naphthalene/C₂-naphthalenes did not change significantly for all control samples of the phytopies, indicating a limited naphthalene degradation.

The SIM pattern of PAHs of the samples from phytopies with inoculation of microorganisms (Tab. 1) illustrate for all samples a decrease of pyrene/fluoranthene (m/z 202) in comparison to phenanthrene/anthracene (m/z 178) during the 3rd sampling campaign. However, an increase of alkylated PAHs in comparison to non-substituted PAHs was not observed, neither for phenanthrene/anthracene (m/z 178) and C₂-phenanthrene/anthracene (m/z 206) as well as pyrene/fluoranthene (m/z 202) and C₂-pyrene/fluoranthene (m/z 230) (Fig. 16-18) nor for naphthalene (m/z 128) and C₂-naphthalene (m/z 156) (Fig. 21 and 22). In case of phenanthrene/anthracene and pyrene/fluoranthene, it is probably only hardly visible due to the high fraction of non-substituted PAHs.

3.3 Diagnostic ratios

Diagnostic ratios (DR) are often applied for evaluating weathering process specifically biodegradation of hydrocarbon products in the environment. Biodegradation-specific DR were determined in order to evaluate hydrocarbon biodegradation at the investigated sampling points (Tab. 2 & 3).

The DR of naphthalene/(C₂-naphthalenes+C₃-naphthalenes) show no trend for all samples (Tab. 2 & 3), confirming limited biodegradation of naphthalene. However, the naphthalene content was significantly lower in comparison to higher molecular PAHs confirming an already progressed stage of weathering for all samples.

No clear trend could be observed for acenaphthene/fluorene, dibenzofurane/fluorene and phenanthrene/anthracene, neither in comparison of the sample to each other nor within the time frame of sampling, confirming a limited biodegradation of fluorene and phenanthrene.

Table 2 Diagnostic ratios (DR) determined for samples of combined phytopiles without microbial inoculation at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium). Specific sampling location and testing conditions are described in Tab. 1.; Arrows indicate expected evolution due to biodegradation, n.d.* – pristane and/or phytane not or only in traces detectable. n.d.# - not determinable due to peak overlay

sample	sampling campaign	n-C ₁₇ -alkane/pristane ↓	n-C ₁₈ -alkane/phytane ↓	acenaphthene/fluorene ↑	dibenzofurane/fluorene ↑	naphthalene/(C ₂ -naphthalenes+C ₃ -naphthalenes) ↓	phenanthrene/anthracene ↓	(anthracene + phenanthrene) / (C ₂ -anthracenes + C ₂ -phenanthrenes) ↓	(pyrene+fluoranthene) / (C ₂ -pyrene + C ₂ -fluoranthene) ↓	(chrysene+benz[a]anthracene) / (C ₁ -chrysene+C ₁ -benz[a]anthracene) ↓
1a+1b	1st	n.d.*	n.d.*	0.1	0.2	0.3	0.7	8.1	6.8	5.8
	2nd	n.d.*	n.d.*	0.1	0.2	0.5	0.9	10.9	3.7	7.7
	3rd	n.d.*	n.d.*	0.4	0.4	0.2	1.1	10.2	7.9	6.8
2a+2c	1st	n.d.*	n.d.*	0.1	0.2	0.5	0.8	9.9	6.0	6.0
	2nd	n.d.*	n.d.*	0.2	0.2	0.5	1.0	9.4	7.9	6.9
	3rd	n.d.*	n.d.*	0.1	0.3	0.5	0.7	9.1	6.7	7.5
5a	2nd	n.d.*	n.d.*	0.1	0.1	0.3	0.9	10.2	4.7	7.6
	3rd	n.d.*	n.d.*	0.1	0.3	0.8	0.7	11.4	5.8	6.9
6a+6b +6c	1st	n.d.*	n.d.*	0.1	0.2	0.5	0.5	43.5	8.9	7.4
	2nd	n.d.*	n.d.*	0.2	0.3	0.7	0.9	7.2	5.7	5.7
	3rd	n.d.*	n.d.*	1.2	0.3	0.4	0.6	13.5	4.2	6.3
9a+9b	1st	n.d.*	n.d.*	0.2	0.3	0.1	1.1	6.6	9.1	6.0
	2nd	n.d.*	n.d.*	0.2	0.3	0.6	0.7	11.6	6.3	6.0
	3rd	n.d.*	n.d.*	0.3	0.4	0.4	0.9	9.9	5.0	5.7
10a+10b	1st	n.d.*	n.d.*	0.1	0.3	n.d.#	1.0	11.8	5.9	6.0
	2nd	n.d.*	n.d.*	0.1	n.d.#	n.d.#	1.0	12.5	5.7	7.8
	3rd	n.d.*	n.d.*	0.0	n.d.#	0.4	0.7	16.6	4.1	7.9
2B1	1st	n.d.*	n.d.*	n.d.#	n.d.#	n.d.#	n.d.#	32.7	10.9	6.3

Table 3 Diagnostic ratios (DR) determined for samples of combined phytopyles with microbial inoculation at the Resanat site in Zeebrugge (Belgium). Arrows indicate expected evolution due to biodegradation, n.d.* – pristane and/or phytane not or only in traces detectable. n.d.# - not determinable due to peak overlay

sample	sampling campaign	n-C ₁₇ -alkane/pristane ↓	n-C ₁₈ -alkane/phytane ↓	acenaphthene/fluorene ↑	dibenzofurane/fluorene ↑	naphthalene/(C ₂ -naphthalenes+C ₃ -naphthalenes) ↓	phenanthrene/anthracene ↓	(anthracene + phenanthrene) / (C ₂ -anthracenes + C ₂ -phenanthrenes) ↓	(pyrene+fluoranthene) / (C ₂ -pyrene + C ₂ -fluoranthene) ↓	(chrysene+benz[a]anthracene) / (C ₁ -chrysene+C ₁ -benz[a]anthracene) ↓
3a+3b	1st	n.d.*	n.d.*	0.1	0.2	n.d.#	0.9	9.4	7.8	5.9
	2nd	n.d.*	n.d.*	0.2	0.3	0.4	1.0	5.9	8.2	6.6
	3rd	n.d.*	n.d.*	0.2	0.3	0.5	0.6	13.7	6.5	6.8
4a+4b	1st	n.d.*	n.d.*	0.1	0.2	0.5	0.8	8.4	7.4	5.8
	2nd	n.d.*	n.d.*	0.1	0.2	n.d.#	0.8	9.1	3.9	7.4
	3rd	n.d.*	n.d.*	0.2	0.2	0.2	0.8	15.9	4.0	7.4
7a+7b	1st	n.d.*	n.d.*	0.1	0.2	0.3	1.0	11.0	10.7	5.7
	2nd	n.d.*	n.d.*	0.1	0.2	n.d.#	0.9	6.5	6.6	6.6
	3rd	n.d.*	n.d.*	0.3	0.3	0.3	0.9	13.9	4.5	6.7
8a+8b	1st	n.d.*	n.d.*	0.1	0.2	n.d.#	1.1	10.7	5.2	5.6
	2nd	n.d.*	n.d.*	0.1	0.3	1.0	0.6	16.0	5.0	7.6
	3rd	n.d.*	n.d.*	n.d.#	0.3	0.7	0.8	12.8	2.7	6.7
1A1	1st	n.d.*	n.d.*	0.3	0.3	0.2	1.6	11.6	8.4	5.8
11a+11b +11c	1st	n.d.*	n.d.*	0.1	0.2	0.2	1.0	10.6	10.0	6.3
	2nd	n.d.*	n.d.*	0.4	0.4	1.0	2.2	15.6	9.0	6.5
	3rd	n.d.*	n.d.*	0.2	0.2	0.4	1.3	24.6	5.5	6.6
12	2nd	n.d.*	n.d.*	0.2	0.2	0.2	0.9	10.4	5.6	7.1
	3rd	n.d.*	n.d.*	0.1	0.3	0.4	0.9	10.1	4.6	5.8

The DR of (anthracene+phenanthrene)/(C₂-anthracenes+C₂-phenanthrenes) were not significantly decreasing for all samples. The in some cases fluctuating and increasing DR can be attributed to inhomogeneous distributions of hydrocarbons in the soil.

The decrease of the DR of (pyrene+fluoranthene)/(C₂-pyrene+C₂-fluoranthene) present in all samples of combined phytopyles with inoculation was striking. A decreasing DR reveals degradation of pyrene+fluoranthene and confirms the shifts in SIM and TIC pattern of those samples. A decrease of this DR was observed for the samples 6a+6b+6c (1D-2 + 1D-3 + 1D-4; no aeration control; Agr. Mistral, LP), 9a+9b (1C-1+1C-2; no aeration control; Agr. + Mistral) and 10a+10b (1C-3 + 1C-4; no aeration control; Agr + Mistral coat) as well, indicating degradation of pyrene+fluoranthene.

There is a general trend that microbial persistence of PAHs increases with increasing number of aromatic rings and alkylation (5-8). A more pronounced degradation of pyrene/fluoranthene compared to anthracene/phenanthrene would contradict this, however, specially adapted conditions for degradation of pyrene/fluoranthene would be possible.

4 Summary

All samples showed a similar hydrocarbon pattern confirming the same source of contamination. This pattern was strongly characterized by PAHs. The amount of aliphatic hydrocarbons as well as naphthalene in comparison to higher molecular PAHs confirm an already progressed stage of weathering. Due to the high fraction of non-substituted compared to alkylated PAHs, the evaluation of microorganism-assisted phytoremediation was to some degree limited. However, especially the SIM pattern of PAHs obtained from phytopyles with inoculation of microorganisms illustrate a decrease of pyrene/fluoranthene (m/z 202) in comparison to phenanthrene/anthracene (m/z 178) for all samples at the 3rd sampling campaign. This was confirmed by the DR of (pyrene+fluoranthene)/(C₂-pyrene+C₂-fluoranthene), indicating an unexpected, more pronounced degradation of pyrene/fluoranthene. The same was observed for the control samples with no aeration. A clear degradation effect with regard to the inoculation of the microorganisms could not be observed even though it was striking that such a degradation trend of pyrene/fluoranthene was observed in all inoculated samples.

In order to verify a possible degradation effect of pyrene/fluoranthene, additional investigations are recommended. For evaluating *in situ* mineralisation of pyrene+fluoranthene, BACTRAP[®] studies with ¹³C-labeled pyrene+fluoranthene are feasible (9).

5 References

- (1) Sanders, F.; Asscherickx, L.; Van Geit, H.; De Potter, P.; Onderzoekslocatie: Lisseweegse Steenweg 12, 8380 Brugge; Versie 1, 25 november 2021, Referentie 0000118807.
- (2) bio2clean (2022). Fytoremediatie in het kader van het RESANAT-project – WP4. Rapport inrichting pilotzone 1, 2 en.
- (3) Stout, S. A.; Douglas, G. S.; Uhler, A. D.; Automotive gasoline. environmental forensics - contaminant specific guide, Morrison, R. D.; Murphy, B. L. (Ed.). 2007.
- (4) Kaplan, I. R.; Galperin, Y.; Lu, S.-T.; Lee, R.-P.; Forensic environmental Geochemistry: differentiation of fuel-types, their sources and release time. *Org. Geochem.* 1997, 27, 289-317.
- (5) Musat, F.; Galushko, A.; Jacob, J.; Widdel, F.; Kube, M.; Reinhardt, R.; Wilkes, H.; Schink, B.; Rabus, R.; Anaerobic degradation of naphthalene and 2-methylnaphthalene by strains of marine sulfate-reducing bacteria. *Environ. Microbiol.* 2009, 11, 209-219.
- (6) Wang, Z.; Fingas, M.; Blenkinsopp, S.; Sergy, G.; Landriault, M.; Sigouin, L.; Foght, J.; Semple, K.; Westlake, D. W. S.; Comparison of oil composition changes due to biodegradation and physical weathering in different oils. *J. Chromatogr. A* 1998, 809, 89-107.
- (7) Budzinski, H.; Raymond, N.; Nadalig, T.; Gilewicz, M.; Garrigues, P.; Bertrand, J. C.; Caumette, P.; Aerobic biodegradation of alkylated aromatic hydrocarbons by a bacterial community. *Org. Geochem.* 1998, 28, 337-348.
- (8) Wammer, K. H.; Peters, C. A.; Polycyclic aromatic hydrocarbon biodegradation rates: A structure-based study. *Environ. Sci. Technol.* 2005, 39, 2571-2578.
- (9) Bahr, A.; Fischer, A.; Vogt, C.; Bombach, P.; Evidence of polycyclic aromatic hydrocarbon biodegradation in a contaminated aquifer by combined application of in situ and laboratory microcosms using ¹³C-labelled target compounds. *Water Res.* 2015, 69, 100-109.



Appendix

Identification of peaks detected by GC/MS-screening using mass-spectra comparison with the NIST data base

iFLUX



Eindrapport

Fluxmetingen Interreg Resanat WP4

Carcoke Zeebrugge: meetcampagnes 1, 2 en 3

Studie uitgevoerd in opdracht van OVAM

Erik Bosmans
iFLUX 20.0219
September 2022



Hoe snel én in welke richting verspreidt verontreiniging
zich in het grondwater?

INHOUDSTAFEL

Inhoudstafel	2
CHAPTER 1 Carcoke site Zeebrugge	3
1.1. Beschrijving meetlocatie	3
1.2. Beschrijving meetpunten	5
1.3. Type metingen en monitoring programma	6
CHAPTER 2 FLUX Resultaten	8
2.1. Blootstellingstijd	8
2.1.1. Zone Hoek (oude Zone 1)	8
2.1.2. Nieuwe Zone 1 en Centrale zone	8
2.2. Waterfluxen en richtingsmetingen	9
2.2.1. Zone Hoek	9
2.2.2. Zone 1	9
2.2.3. Zone Centraal	10
2.3. Massaflux resultaten	11
2.3.1. Zone Hoek	11
2.3.2. Zone 1	11
2.3.3. Zone Centraal	12
2.4. Opmerkingen	13
CHAPTER 3 Bespreking van de resultaten	15
3.1. Zone Hoek	15
3.2. Zone 1	15
3.3. Centrale Zone	16
CHAPTER 4 Conclusies	19
Bijlagen	21

CHAPTER 1 CARCOKE SITE ZEEBRUGGE

1.1. BESCHRIJVING MEETLOCATIE

In het kader van het Resanat project op de voormalige site van Carcoke te Zeebrugge is door Bio2Clean een pilootstudie uitgevoerd om na te gaan of de restverontreiniging met voornamelijk minerale olie, PAK en BTEX (bodem en grondwater), verder aangepakt kan worden d.m.v. (on- en off-site) fytoremediatie.

Hiervoor zijn door Bio2Clean een aantal zones geselecteerd in functie van de eigenschappen van het terrein zoals de diepte van het grondwater, de aanwezigheid en graad van restverontreiniging, de afwezigheid van verharde zones,...

Oorspronkelijk zijn op het terrein 2 zones voorgestelde (zone "Hoek" en zone "Centraal").

Op basis van de analyseresultaten van de initiële staalnames (bodem en grondwater) bij opstart van het project is gebleken dat een derde zone geschikt was voor de piloot met fytoremediatie. Deze derde zone wordt "nieuwe zone 1" genoemd.

Er is voorzien om de fluxmetingen zowel in het bovenste zandpakket uit te voeren als in de meer venige laag onder de dunne kleilaag dat zich aan de basis van het eerste zandpakket bevindt, op circa 3 m-mv met een dikte van ongeveer 2 m.

Alle metingen zijn uitgevoerd in HDPE peilbuizen met diameter van 51/63 mm (ID/OD) en een filter van 1 meter. Deze werden per koppel geplaatst met telkens een ondiepe en een diepe meting.

Bijkomend werd ook een piloottest voorgesteld om off-site Phytopyles toe te passen op het sediment uit het Zijdellings Vaartje. Bij deze laatste piloottest zijn geen fluxmetingen uitgevoerd.



Bron: Google Maps

Figuur 1: Plan van de Carcoke site, Zeebrugge



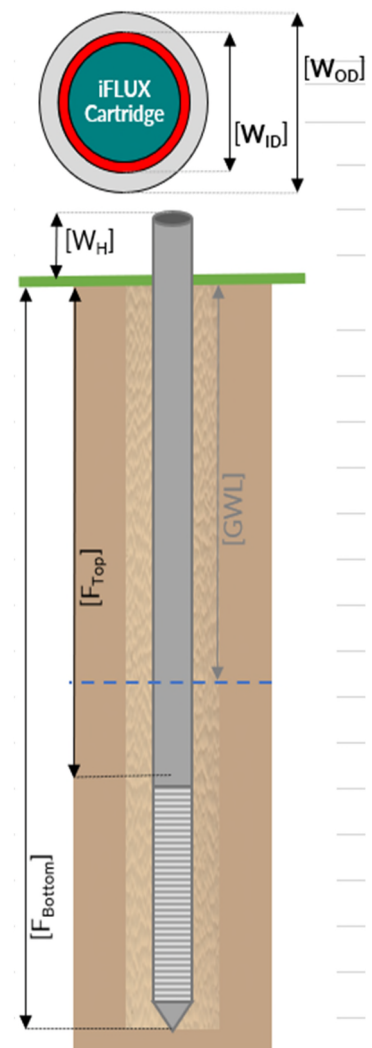
Figuur 2: Boorplan met aanduiding van de peilbuizen ter hoogte van de 3 zones

1.2. BESCHRIJVING MEETPUNTEN

In de onderstaande tabellen worden de nummers en eigenschappen van de gebruikte peilbuizen per zone voorgesteld evenals de verdeling per zone :

- Zones "Hoek" en "Centraal":

Well ID	[mm] W _{ID}	[mm] W _{OD}	[m] W _h	[m] F _{top}	[m] F _{bottom}
7201	50	63	0,6	6,5	7,5
7202	50	63	0,6	6,5	7,5
7203	50	63	0,6	6,5	7,5
7204	50	63	0,6	6,5	7,5
7205	50	63	0,6	6,5	7,5
7206	50	63	0,6	6,5	7,5
7207A	50	63	0,6	6,5	7,5
7208	50	63	0,6	6,5	7,5
7209	50	63	0,6	6,5	7,5
7601	50	63	0,6	2,5	3,5
7602	50	63	0,6		
7603	50	63	0,6	2,5	3,5
7604	50	63	0,6	2,5	3,5
7605	50	63	0,6	2,5	3,5
7606	50	63	0,6	2,5	3,5
7607	50	63	0,6	2,5	3,5
7608	50	63	0,6	2,5	3,5
7609	50	63	0,6	2,5	3,5
7610	50	63	1,6	2,5	3,5
7611	50	63	1,6	2,5	3,5
7301	50	63	0,6	5,5	6,5
7302	50	63	0,6	5,5	6,5
7303	50	63	0,6	5,5	6,5
7304	50	63	0,6	5,5	6,5
7401	50	63	0,6	9,5	10,5
7402	50	63	0,6	9,5	10,5
LEGENDE:					
Zone Hoek ondiep					
Zone Hoek Diep					
Zone Centraal ondiep					
Zone Centraal diep					
Niet geïnstalleerd					



- Nieuwe “Zone 1”:

	[mm]	[mm]	[m]	[m]	[m]
Well ID	W _{ID}	W _{OD}	W _h	F _{bottom}	F _{top}
PB8201	51,4	63	0,35	7	6
PB8101	51,4	63	0,35	4	3
PB8202	51,4	63	0,35	7	6
PB8102	51,4	63	0,35	4	3
PB8203	51,4	63	0,35	7	6
PB8103	51,4	63	0,35	4	3
PB8204	51,4	63	0,35	7	6
PB8104	51,4	63	0,35	4	3
PB8205	51,4	63	0,35	7	6
PB8105	51,4	63	0,35	4	3
PB8206	51,4	63	0,35	7	6
PB8106	51,4	63	0,35	4	3
PB8207	51,4	63	0,35	7	6
PB8107	51,4	63	0,35	4	3
PB8208	51,4	63	0,35	7	6
PB8108	51,4	63	0,35	4	3
PB8209	51,4	63	0,35	7	6
PB8109	51,4	63	0,35	4	3
PB8210	51,4	63	0,35	7,5	6,5
PB8110	51,4	63	0,35	4	3
LEGENDE:					
Nieuwe zone1 Ondiep					
Nieuwe zone1 Diep					

1.3. TYPE METINGEN EN MONITORING PROGRAMMA

In de Hoek Zone is enkel 1 meetcampagne uitgevoerd eind 2019.

In Zone 1 en Centrale Zone zijn 3 meetcampagnes uitgevoerd:

- Meetcampagne 1 (MC1): vaststelling van de nul situatie in de winter 2019/2020
- Meetcampagne 2 (MC2): vaststelling van de situatie aan het eind van de zomer 2021
- Meetcampagne 3 (MC3): vaststelling van de situatie op het begin van de zomer 2022

Bij elke meetcampagne werd in elke peilbuis een sampler geïnstalleerd samengesteld uit een waterflux- en een massaflux- cartridge. De installatieplannen voor de verschillende campagnes worden opgenomen in bijlage 1.

Tijdens de eerste meetcampagne (eind 2019, begin 2020) werden in een aantal peilbuizen ook richtingsmetingen van de grondwaterstroming uitgevoerd. In de "Hoek" zone werden deze uitgevoerd in de peilbuizen 7207, 7208 en 7608. In de "Centraal" zone werden deze uitgevoerd in de peilbuizen 7302, 7303 en 7401. In de nieuwe "Zone1" werden deze uitgevoerd in de peilbuizen 8102, 8110, 8204 en 8207.

CHAPTER 2 FLUX RESULTATEN

2.1. BLOOTSTELLINGSTIJD

2.1.1. ZONE HOEK (OUDE ZONE 1)

- Campagne 1

In deze zone werden enkel tijdens de eerste campagne fluxmetingen uitgevoerd.

De iFLUX samplers geïnstalleerd op 24/10/2019 en opgehaald op 03/12/2019. Dit resulteerde in een blootstellingstijd van 40 dagen.

De blootstellingstijd van 40 dagen voor de samplers werd bepaald op basis van de beschikbare gegevens omtrent de concentraties met PAK, minerale olie en BTEX in het grondwater en de vermoedelijke grondwaterstromingsnelheid. Uit de analyseresultaten voor de berekening van de fluxen is gebleken dat deze blootstellingstijd zeer geschikt was om de water- en pollutentfluxen te meten.

2.1.2. NIEUWE ZONE 1 EN CENTRALE ZONE

- Campagne 1

Tijdens de eerste campagne werden de iFLUX samplers in de Centrale zone geïnstalleerd op 24/10/2019 en opgehaald op 03/12/2019. Dit resulteerde in een blootstellingstijd van 40 dagen.

De blootstellingstijd van 40 dagen voor de samplers is bepaald op basis van de beschikbare gegevens omtrent de concentraties met PAK, minerale olie en BTEX in het grondwater en de vermoedelijke grondwaterstromingsnelheid. Uit de analyseresultaten voor de berekening van de fluxen is gebleken dat deze blootstellingstijd zeer geschikt was om de water- en pollutentfluxen te meten.

In de nieuwe zone 1 werden de samplers geïnstalleerd op 11/02/2020 en opgehaald op 03/03/2020. Dit resulteerde in een blootstellingstijd van 20 dagen.

De blootstellingstijd van 20 dagen voor de samplers is bepaald op basis van veel hogere concentratiemetingen met PAK, minerale olie en BTEX in het grondwater t.o.v. de Hoek zone en Centrale zone. Uit de analyseresultaten voor de berekening van de fluxen is gebleken dat deze blootstellingstijd zeer geschikt was om de pollutentfluxen te meten. Met betrekking tot de waterfluxmetingen was de blootstelling van 20 dagen op een uitzondering na evenwel geschikt. In peilbuis 8107 kon geen fluxwaarde bepaald worden op basis van de analyseresultaten.

- Campagne 2

Tijdens de tweede campagne zijn de iFLUX samplers in de beide zones geïnstalleerd op 30/09/2021 en opgehaald op 28/10/2021. Dit resulteerde in een blootstellingstijd van 28 dagen.

- Campagne 3

Tijdens de derde en laatste campagne zijn de iFLUX samplers in deze zone geïnstalleerd op 22/06/2022 en opgehaald op 13/07/2022. Dit resulteerde in een blootstellingstijd van 21 dagen.

2.2. WATERFLUXEN EN RICHTINGSMETINGEN

De tabellen met de resultaten van de fluxmetingen bevinden zich in bijlage 2. De kaarten met aanduiding van de resultaten worden opgenomen in bijlage 3. De analysecertificaten worden weergegeven in bijlage 4.

Algemeen variëren de grondwaterfluxen tussen 1 en 24 cm/dag. Hieronder worden de resultaten per zone besproken.

2.2.1. ZONE HOEK

In deze zone werd enkel tijdens de eerste campagne gemeten.

In deze zone variëren de gemeten grondwaterfluxen tussen 7 en 13 cm/dag. De snelheid in de diepe en ondiepe metingen liggen in dezelfde grote orde, met iets lagere snelheden in de diepere peilbuizen.

In deze zone werden aansluitend op de fluxmetingen, richtingsmetingen uitgevoerd in de diepe peilbuizen 7207 en 7208 en in de ondiepe peilbuis 7608.

Uit de resultaten van de metingen blijkt dat de stroming naar het zuidwesten gericht is, zonder significant verschil tussen de diepe en ondiepe metingen.

2.2.2. ZONE 1

In deze zone variëren de grondwaterfluxen tussen 5 en 24 cm/dag.

- Campagne 1

In campagne 1 variëren de grondwaterfluxen tussen 5 en 24 cm/dag.

In de ondiepe peilbuizen zijn opvallend lagere fluxen vastgesteld dan in de diepere peilbuizen.

In deze zone werden aansluitend op de fluxmetingen, richtingsmetingen uitgevoerd in de peilbuizen 8102, 8110, 8204 en 8207. De flux- en richtingsmetingen in deze zone werden op een ander moment uitgevoerd dan in de 2 andere zones.

Uit de resultaten van de metingen blijkt dat de stroming naar het westen gericht is, op een uitzondering na. In peilbuis 8110 werd een zuidelijke stromingsrichting vastgesteld.

Er is geen significant verschil tussen de diepe en ondiepe richtingsmetingen.

- Campagne 2

In campagne 2 variëren de grondwaterfluxen tussen 5 en 16 cm/dag.

In het algemeen zijn de fluxen van meetcampagne 2 (zomer) lager dan die van meetcampagne 1 (winter).

- Campagne 3

In de laatste campagne variëren de grondwaterfluxen tussen 8 en 19 cm/dag.

De ondiepe fluxen zijn vergelijkbaar of licht hoger dan tijdens MC1 en algemeen hoger dan tijdens MC2.

De diepe fluxen zijn iets hoger dan de ondiepe fluxen.

2.2.3. ZONE CENTRAAL

In deze zone variëren de grondwaterfluxen tussen 1 en 18 cm/dag.

- Campagne 1

In deze zone variëren de gemeten grondwaterfluxen tijdens de eerste campagne tussen 2 en 12 cm/dag.

De grondwaterfluxen in de diepe en ondiepe metingen liggen in dezelfde grootteorde, met uitzondering van de 2 laagste fluxen van 2 en 4 cm/d in de ondiepe peilbuizen 7304 en 7302. Deze lijken uitschieters te zijn.

In deze zone werden aansluitend op de fluxmetingen, richtingsmetingen uitgevoerd in de ondiepe peilbuizen 7302 en 7303 en in de diepe peilbuis 7401.

Uit de resultaten van de metingen blijkt dat de stroming naar het zuidwesten gericht is, zonder significant verschil tussen de diepe en ondiepe metingen.

- Campagne 2

Tijdens de tweede campagne variëren de gemeten grondwaterfluxen tussen 2 en 18 cm/dag.

In de ondiepe peilbuizen zijn meestal lagere fluxen vastgesteld dan in de diepere peilbuizen.

- Campagne 3

In MC3 variëren de grondwaterfluxen tussen 1 en 18 cm/dag.

In tegenstelling tot MC2 zijn in de diepe peilbuizen meestal lagere fluxen vastgesteld dan in de ondiepe peilbuizen.

2.3. MASSAFLUX RESULTATEN

Er werden fluxen gemeten voor minerale olie, BTEX en de PAK componenten.

2.3.1. ZONE HOEK

In deze zone werd op basis van de voorafgaande concentratiemetingen in het grondwater voorgesteld om enkel de fluxen met PAK's op te meten.

Er werden enkel fluxen gedetecteerd in peilbuizen 7608, 7609, 7209 en 7611. Dit zijn voornamelijk de ondiepe peilbuizen. De hoogste flux werd vastgesteld voor naftaleen in peilbuis 7608 op een diepte van 3,13 m-mv.

De overige metingen bevinden zich onder de detectielimiet van het labo.

2.3.2. ZONE 1

In deze zone werd op basis van de voorafgaande concentratiemetingen in het grondwater voorgesteld om minerale olie, PAK's en de BTEX componenten op te meten.

- Campagne 1

Tijdens de eerste campagne zijn in alle peilbuizen fluxen gedetecteerd, voornamelijk met minerale olie en naftaleen.

De hoogste fluxen zijn vastgesteld in de ondiepe peilbuis 8109 op een diepte van 3,2 m-mv, met minerale olie (32000 mg/m²/d) en PAK's: naftaleen (3300 mg/m²/d), fenantreen (2800 mg/m²/d), fluoreen (1400 mg/m²/d), acenafteen (1100 mg/m²/d), acenaftyleen (1100 mg/m²/d). In de BTEX componenten werden de hoogste fluxen gemeten voor de xylenen (1710 mg/m²/d).

In de overige ondiepe peilbuizen zijn de massafluxen twee tot drie grootteorders lager dan in peilbuis 8109. Deze zijn ook hoofdzakelijk samengesteld uit minerale olie en naftaleen. Binnen de contour met de hoge naftaleen concentraties in het grondwater zijn hogere naftaleen en minerale olie fluxen gemeten.

Zonder rekening te houden met de resultaten in 8109 is er geen duidelijk contrast tussen de diepe en ondiepe massafluxen, behalve voor de grotere bijdrage van naftaleen in de som van de fluxen.

- Campagne 2

Tijdens de tweede campagne zijn algemene lagere massafluxen vastgesteld dan in MC1, vooral in de ondiepe peilbuizen en buiten de naftaleen contour in het grondwater.

In de diepe peilbuizen is het verschil minder groot. Er is trouwens een toename van de massaflux vastgesteld in peilbuis 8202, vooral met minerale olie.

De hoogste fluxen zijn vastgesteld in de diepe peilbuis 8202 op 6,2 m-mv, met minerale olie (650 mg/m²/d) en naftaleen (140 mg/m²/d). In de overige diepe peilbuizen zijn nog relatief hoge fluxen gemeten, vooral met minerale olie maar ook naftaleen in peilbuizen 8201, 8207, 8205 en 8206.

In de ondiepe peilbuizen 8106, 8103 en 8101 zijn nog relatief hoge fluxen gemeten met minerale olie en naftaleen.

De samenstelling van de flux in MC1 en MC2 is gelijkaardig.

- Campagne 3

De hoogste fluxen zijn vastgesteld in de ondiepe peilbuis 8109 op een diepte van 3,2 m-mv, met minerale olie (950 mg/m²/d) en PAK's: naftaleen (280 mg/m²/d), fenantreen (37 mg/m²/d), fluoreen (26 mg/m²/d) en acenafteen (28 mg/m²/d). In de BTEX componenten werden de hoogste fluxen gemeten voor de xylenen (9 mg/m²/d).

In de overige ondiepe peilbuizen zijn de massafluxen één tot drie grootteorders lager dan in peilbuis 8109. Deze zijn ook hoofdzakelijk samengesteld uit minerale olie en naftaleen. Binnen de contour met de hoge naftaleen concentraties in het grondwater zijn vooral in peilbuizen 8106 en 8102 hogere naftaleen en minerale olie fluxen gemeten.

Voor minerale olie en BTEX is er geen flux gedetecteerd tijdens meetcampagne 3 in de ondiepe peilbuizen 8101, 8103, 8104, 8105, 8108 en 8110. In peilbuis 8107 is enkel voor minerale olie geen flux gedetecteerd,

In de diepe peilbuizen is de hoogste flux met minerale olie gemeten in peilbuizen 8202, 8207, 8201 en 8206 ter hoogte van de contour met naftaleen.

In de overige diepe peilbuizen 8203, 8204, 8205, 8208, 8209 en 8210 is er geen flux gedetecteerd met minerale olie. In peilbuizen 8204, 8205 en 8208 is er ook geen flux gedetecteerd met BTEX.

De samenstelling van de flux doorheen de meetcampagnes in de peilbuizen is gelijkaardig.

2.3.3. ZONE CENTRAAL

In deze zone werd op basis van de voorafgaande concentratiemetingen in het grondwater voorgesteld om enkel de PAK's en BTEX op te meten. Na de eerste campagne is ook minerale olie geanalyseerd.

- Campagne 1

Er werden fluxen gedetecteerd in alle peilbuizen.

De hoogste fluxen zijn gemeten in de diepe peilbuis 7402 op een diepte van 9,4 m-mv, vooral met benzeen ($86 \text{ mg/m}^2/\text{d}$) en naftaleen ($60 \text{ mg/m}^2/\text{d}$), maar ook voor toluleen en een aantal PAK's. In de andere diepe peilbuis 7401 op 9,4 m-mv zijn veel lagere fluxen gemeten. De som van de fluxen ligt hier circa 100x lager dan in 7402.

In de ondiepe peilbuizen zijn enkel matige fluxen gemeten in peilbuizen 7301, 7302 en 7303 en een veel lagere flux in peilbuis 7304, tussen 5,6 en 6,2 m-mv.

- Campagne 2

Tijdens de tweede campagne zijn de hoogste fluxen gemeten in de diepe peilbuis 7402 op 9,8 m-mv, vooral met minerale olie ($14000 \text{ mg/m}^2/\text{d}$) maar ook PAK ($7970 \text{ mg/m}^2/\text{d}$ waarvan $4500 \text{ mg/m}^2/\text{d}$ aan naftaleen) en BTEX ($510 \text{ mg/m}^2/\text{d}$).

In tegenstelling tot MC1 zijn in beide diepe peilbuizen hoge massafluxen gemeten met minerale olie en PAK's (voornamelijk naftaleen), hoewel de fluxen in peilbuis 7401 één grootteorde lager liggen dan in 7402.

In de ondiepe peilbuizen zijn enkel in 7302 op 5,8 m-mv zeer hoge fluxen gemeten met minerale olie ($5700 \text{ mg/m}^2/\text{d}$), naftaleen ($1700 \text{ mg/m}^2/\text{d}$) en overige PAK's ($1870 \text{ mg/m}^2/\text{d}$).

De fluxen in de overige ondiepe peilbuizen liggen twee grootteorders lager.

- Campagne 3

Tijdens de derde campagne zijn de hoogste fluxen gemeten in de diepe peilbuis 7402 op 9,8 m-mv, vooral met minerale olie ($1000 \text{ mg/m}^2/\text{d}$) maar ook PAK ($400 \text{ mg/m}^2/\text{d}$ waarvan $290 \text{ mg/m}^2/\text{d}$ aan naftaleen) en BTEX ($540 \text{ mg/m}^2/\text{d}$).

In de andere diepe peilbuis 7401 is enkel een zeer lage flux met PAK's gedetecteerd.

In de ondiepe peilbuis 7302 zijn op 5,8 m-mv nog relatief hoge fluxen gemeten met minerale olie ($170 \text{ mg/m}^2/\text{d}$), naftaleen ($30 \text{ mg/m}^2/\text{d}$) en overige PAK's ($13 \text{ mg/m}^2/\text{d}$) en BTEX ($20 \text{ mg/m}^2/\text{d}$). In peilbuis 7301 is nog een relatief hoge flux gemeten met BTEX ($19 \text{ mg/m}^2/\text{d}$).

De fluxen in de overige ondiepe peilbuizen 7303 en 7304 liggen twee grootteorders lager dan in peilbuis 7302.

2.4. OPMERKINGEN

De afbuiging van de grondwaterstroming doorheen de peilbuizen en de iFLUX samplers werd niet in rekening gebracht in de resultaten. Voor de berekening van deze factor dient nog een evaluatie worden gemaakt van de vermoedelijke doorlatendheid van de bodem in de gemeten lagen. Deze evaluatie wordt later nog voorzien in het kader van het Resanat project.

- Campagne 1

Op 24/10/2019 werden de iFLUX samplers geïnstalleerd in de peilbuizen van zone Hoek en zone Centraal in het kader van de nulmeting (buiten ReSaNat).

Bij peilbuizen 7203, 7206 was de filter zo goed als volledig vol gelopen met filtergrind of met slib. Dit werd ook met eigen camera beelden vastgesteld.

Tijdens de controle van de peilbuizen werd bij P7203 en 7206 een diepte van respectievelijk 6,5m-mv en 5,7m-mv gemeten. Op basis van de beschikbare gegevens zouden deze peilbuizen een filter hebben tussen 6,5 en 7,5 m-mv.

Voorts was de peilbuis 7602 niet geïnstalleerd waardoor daar ook geen samplers konden worden geïnstalleerd.

Bij de meeste peilbuizen werden de opgemeten afwerkhoogte van de peilbuis boven het maaiveld aangepast. Hierdoor kunnen er lichte afwijkingen zijn t.o.v. het oorspronkelijk installatie plan doordat alle samplers in een bepaalde laag niet op een zelfde diepte hangen.

- Campagne 2

Tijdens de tweede campagne zijn geen samplers geïnstalleerd in peilbuizen 8102 en 8107 aangezien er metingen met Bactraps in uitvoering waren.

In sommige peilbuizen was er veel slib op de bodem waardoor de sampler niet op de gewenste diepte kon geïnstalleerd worden. Dit was vooral het geval in peilbuizen 7303, 7401 en 7402.

- Campagne 3

Vlak voor campagne 3 werden alle peilbuizen grondig gereinigd en het slib verwijderd waardoor betere resultaten worden verwacht.

CHAPTER 3 BESPREKING VAN DE RESULTATEN

3.1. ZONE HOEK

In deze zone werden slechts lage fluxen in de peilbuizen gedetecteerd en er werd besloten deze zone te verlaten en zich te concentreren op een meer verontreinigde zone aan de rand van het terrein, i.e. Zone 1.

3.2. ZONE 1

In zone 1 zijn algemeen hogere water- en massafluxen gemeten dan in de 2 overige zones, op 1 uitzondering na: in de diepe peilbuis 7402 van zone Centraal is ook een relatief hoge massaflux gemeten.

De allerhoogste massaflux van de 3 zones is vastgesteld tijdens de eerste campagne in peilbuis 8109 van zone 1 op een diepte van ca. 3,2 m-mv en dit voor alle gemeten stoffen.

De gemeten massaflux in Zone 1 bestaat voornamelijk uit minerale olie en naftaleen.

De resultaten in peilbuis 8109 tijdens meetcampagne 1 wijzen op de aanwezigheid van puur product in de peilbuis. In meetcampagne 2 is er enkel een lage massaflux gemeten in deze peilbuis. In meetcampagne 3 is opnieuw een toename van de massaflux vastgesteld.

Tijdens de tweede campagne werd in deze peilbuis een lagere grondwaterstromingssnelheid geregistreerd, hetgeen de geringere mobilisatie van de verontreiniging zou kunnen verklaren. Bovendien kan de filter gedeeltelijk verstopt zijn door de aanwezigheid van puur product.

Na reiniging van de peilbuizen, net voor meetcampagne 3, is de hoogste massaflux opnieuw in peilbuis 8109 gemeten. De waterflux in MC1 en MC3 is gelijkaardig maar de massaflux is echter duidelijk afgenomen sinds MC1.

De algemene afname van de massaflux sinds meetcampagne 1 is ook duidelijk te merken in de andere peilbuizen.

Voor een deel van de peilbuizen lijken de fluxen vooral onder invloed te zijn van de eerdere vastgestelde naftaleen verontreiniging in het grondwater. Deze bevindt zich voornamelijk ter hoogte van de ondiepe peilbuizen 8101, 8102, 8106 en 8107 en de diepe peilbuizen 8201, 8202, 8206 en 8207, waar diep en ondiep hogere massafluxen zijn gemeten.

In deze peilbuizen en vooral in de ondiepe is de flux met minerale olie sterk afgenomen.

Voor naftaleen is in de ondiepe peilbuizen 8101 en 8107 een lichte afname vastgesteld van de flux. In de ondiepe peilbuizen 8106 en 8102 zijn de fluxen gelijkaardig gebleven.

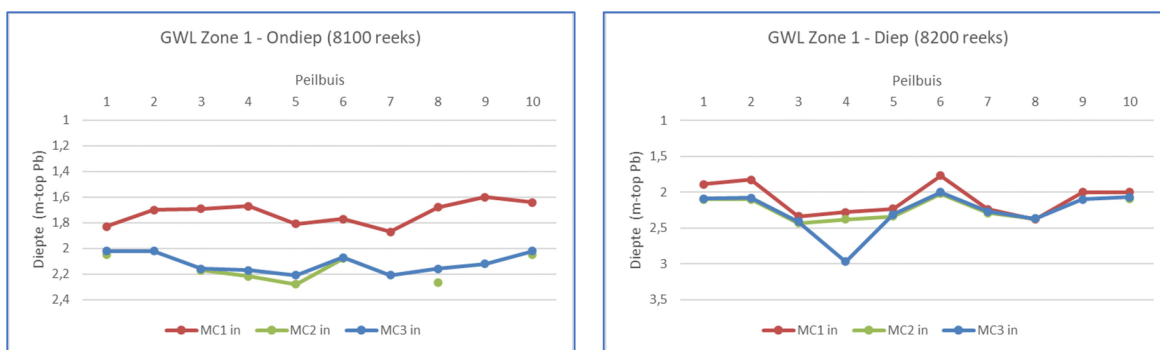
In de diepe peilbuizen 8207 en 8206 is een toename van de naftaleen flux vastgesteld. In de diepe peilbuizen 8201 en 8202 is een lichte tot matige afname van de naftaleen flux vastgesteld.

In de overige peilbuizen, buiten de naftaleen contour, is slechts een lage massaflux gemeten, vooral in de ondiepe peilbuizen. Ook daar is een sterke afname van de massaflux met minerale olie, BTEX en PAK's vastgesteld sinds MC1.

Hoewel fyto-remediatie op langere termijn kan bijdragen tot de afname van de concentraties aan verontreinigende stoffen in de bodem en het grondwater lijkt de algemene afname van de massafluxen sinds de eerste campagne eerder het gevolg te zijn van variaties in grondwaterstanden en stroomsnelheden.

De grondwaterstromingssnelheden van de 3 rondes zijn weergegeven op plan 1 en de relevante grafieken opgenomen in bijlage 3).

Onderstaande figuren geven de grondwaterstanden bij installatie voor de 3 meetcampagnes in de ondiepe peilbuizen (links) en de diepe peilbuizen (rechts) van Zone 1:



De hoogste grondwaterniveaus werden gemeten tijdens de eerste campagne (winter) in de ondiepe peilbuizen. Bij de tweede en derde campagnes lagen de gemeten niveaus in de ondiepe peilbuizen gelijk, maar 20 tot 50 cm lager dan tijdens meetcampagne 1.

In de diepe peilbuizen was het grondwaterniveau verschil tussen MC1 en MC2 en MC3 minder groot (max. 20 cm), behalve voor peilbuis 8204 (mogelijke meetfout).

Bij hoge stand kan het grondwater in contact komen met de verontreinigde bodem en meer verontreiniging mobiliseren. Dit kan de hogere gemeten massaflux tijdens MC1 verklaren.

Tijdens de tweede campagne was het waterniveau en de grondwaterstromingssnelheid over het algemeen lager. Dit zou de algemene lagere massaflux tijdens MC2 kunnen verklaren.

Tijdens de derde campagne was het waterniveau gelijk aan dat van de tweede campagne maar de grondwaterstromingssnelheden was hoger. Dit kan de verhoogde flux met (BTEX(N)) ter hoogte van de naftaleen contour in MC3 verklaren (peilbuizen 8102, 8106, 8202, 8206 en 8207).

3.3. CENTRALE ZONE

In de Centrale Zone liggen de grondwaterfluxen algemeen lager dan in Zone 1. Sommige waterfluxresultaten waren opvallend laag in de Centrale Zone. Dit kan duiden op verstopte filters of filters die in een minder doorlatende bodemlens zijn geplaatst.

Algemeen is een toename van de ondiepe waterflux vastgesteld in de centrale zone doorheen de 3 campagnes. In peilbuizen 7304 is de sterkste toename vastgesteld en de hoogste waterflux van MC3 in deze zone. In peilbuizen 7301 en 7302 is ook een toename vastgesteld. De hoogste grondwaterfluxen zijn gemeten tijdens MC3, ondanks lagere grondwaterstanden. Dit is mogelijk te wijten aan de reiniging van de peilbuizen vlak vóór de uitvoering van MC3.

In de overige ondiepe peilbuis 7303 is de waterflux gelijkaardig gebleven.

Met betrekking tot de diepere staalnames is de hoogste grondwater flux in peilbuis 7401 gemeten. In vergelijking met de ondiepe metingen is er weinig verschil tussen de meetcampagnes, behalve voor de zeer lage flux in peilbuis 7402 tijdens MC3.

De gemeten massaflux in Centrale Zone bestaat voornamelijk uit benzeen en naftaleen.

Met betrekking tot de massaflux is de flux met minerale olie zowel diep als ondiep sterk afgenomen tussen meetcampagnes 2 en 3. In meetcampagne 1 is minerale olie niet geanalyseerd.

De BTEX flux is vooral in de diepe peilbuis 7402 vastgesteld. Sinds MC1 neemt de flux in 7402 toe. In de overige diepe peilbuizen werd geen BTEX flux gedetecteerd tijdens MC3.

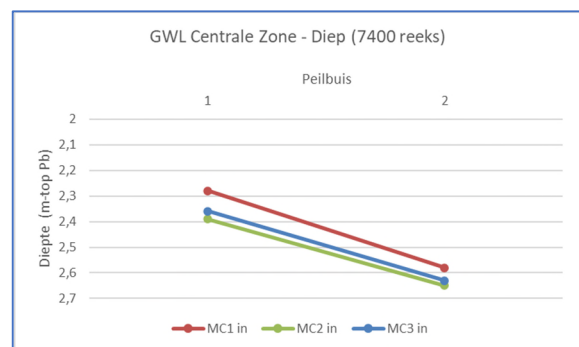
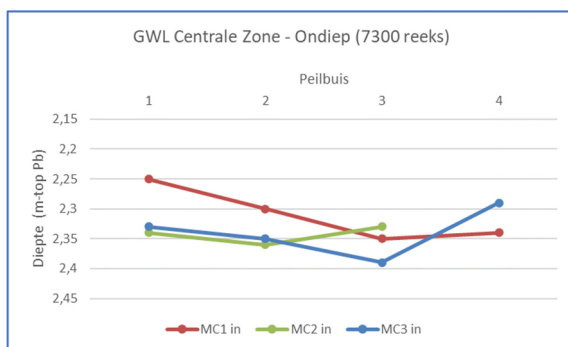
In alle ondiepe peilbuizen is de BTEX (voornamelijk benzeen) flux licht toegenomen sinds MC1, behalve in peilbuis 7303 waarbij de flux ongewijzigd is.

De naftaleen (en PAK's) flux is voornamelijk tijdens MC2 vastgesteld, in de diepe peilbuizen 7401 en 7402 maar ook in de ondiepe peilbuis 7302.

Voor naftaleen (en PAK's) is sinds MC1 een algemene afname van de massaflux vastgesteld, met uitzondering van ondiepe peilbuis 7302 en diepe peilbuis 7402. Deze peilbuizen bevinden zich het dichtst bij de contour van de diepe (9-12 m-mv) verontreiniging met naftaleen in het grondwater.

De grondwaterstromingsnelheden van de 3 rondes zijn weergegeven op plannen 2, 3, 8 en 10 en de relevante grafieken (zie bijlage 3).

Onderstaande figuren geven de grondwaterstanden bij installatie voor de 3 meetcampagnes in de ondiepe peilbuizen (links) en de diepe peilbuizen (rechts) van Centrale zone:



Het verschil in waterstanden tussen MC1 en MC2 en MC3 in de ondiepe peilbuizen is kleiner dan in Zone 1. In de diepte is het verschil wel iets meer uitgesproken dan in zone 1.

In tegenstelling tot Zone 1 is de verontreiniging in Centrale Zone slechts diep aanwezig omwille van de voorgaande sanering door uitgraving tot circa 4 m-mv. Hierdoor zijn diepere fluxmetingen uitgevoerd in deze zone en komt de diepte van de ondiepe peilbuizen overeen met dat van de diepe peilbuizen van Zone 1.

Bij hoge niveaus komt verontreinigd grondwater in contact met niet-verontreinigde grond, die een deel van de verontreinigende stoffen kan vasthouden wanneer het waterpeil opnieuw daalt.

Als we de hoge massafluxen van MC2, die mogelijks te wijten zijn aan een accumulatie van sediment en verontreiniging in de peilbuizen, buiten beschouwing laten, blijkt uit de resultaten dat de verontreiniging met minerale olie in de loop van de campagnes lijkt af te nemen.

Anderzijds wijzen de lichte toename van de ondiepe BTEX-fluxen en de toename op diepte erop dat de ondiepe bodem geleidelijk wordt aangetast door de diepe BTEX-verontreiniging.

Deze dynamiek lijkt dominant te zijn voor BTEX in de meest verontreinigde zone, in vergelijking met het gunstige effect van fyto-remediatie.

Dit geldt ook voor naftaleen, hoewel de toename van de fluxen beperkt is tot de contour van de diepe grondwaterverontreiniging met naftaleen.

CHAPTER 4 CONCLUSIES

Op de site van Carcoke te Zeebrugge zijn in 2 zones, 3 campagnes uitgevoerd met passieve fluxmetingen in het kader van het ReSaNat project van Interreg. Na blootstelling van de samplers is de waterflux en de massaflux voor de minerale olie, BTEX en PAK bepaald.

De gemeten grondwaterfluxen variëren tussen 1 en 24 cm/dag. In Zone 1

De algemene gemeten grondwaterstromingsrichting lijkt naar het zuidwesten gericht te zijn. In zone 1 werd eerder een westelijke stromingsrichting gemeten.

Er zijn massa fluxen gemeten voor minerale olie, BTEX en de PAK componenten.

- Zone 1

De hoogste fluxen voor de 3 zones zijn vastgesteld tijdens de eerste campagne in de ondiepe peilbuis 8109 van zone 1, op een diepte van ca. 3,2 m-mv en dit voor alle gemeten stoffen.

In zone 1 zijn algemeen hogere water- en massafluxen gemeten dan in de 2 overige zones, op 1 uitzondering na: in de diepe peilbuis 7402 van zone Centraal is ook een relatief hoge massaflux gemeten.

De gemeten massaflux bestaat voornamelijk uit minerale olie en naftaleen.

Sinds meetcampagne 1 is een algemene afname van de totale massaflux vastgesteld, vooral in de zone buiten de contour met de hoge concentraties aan naftaleen.

Hoewel fyto-remediatie op langere termijn kan bijdragen tot de afname van de concentraties aan verontreinigende stoffen in de bodem en het grondwater lijkt de algemene afname van de massaflux sinds de eerste campagne het gevolg te zijn van variaties in grondwaterstanden en stroomsnelheden.

Bij hoge stand kan het grondwater in contact komen met de verontreinigde bodem en meer verontreiniging mobiliseren. Dit kan de hogere gemeten massaflux tijdens MC1 verklaren.

Tijdens de tweede campagne was het waterniveau en de grondwaterstromingssnelheid over het algemeen lager. Dit zou de algemene lagere massaflux tijdens MC2 kunnen verklaren.

Tijdens de derde campagne was het waterniveau gelijk aan dat van de tweede campagne maar de grondwaterstromingssnelheden waren hoger. Dit kan de verhoogde flux met (BTEX(N)) ter hoogte van de naftaleen contour in MC3 verklaren.

- Centrale Zone

In de Centrale Zone liggen de grondwaterfluxen algemeen lager dan in Zone 1. Sommige waterfluxresultaten waren vrij laag in de Centrale Zone. Dit kan duiden op verstopte filters of filters die in een minder doorlatende bodemlens zijn geplaatst.

Algemeen is een toename van de ondiepe waterflux vastgesteld in de centrale zone doorheen de campagnes. De hoogste grondwaterfluxen zijn gemeten tijdens MC3. Dit is mogelijks te wijten aan de reiniging van de peilbuizen vlak vóór de uitvoering van MC3.

De gemeten massaflux bestaat voornamelijk uit minerale olie en BTEX(N).

In tegenstelling tot Zone 1 is de verontreiniging in Centrale Zone slechts diep aanwezig omwille van de voorgaande sanering door uitgraving tot circa 4 m-mv.

Als het grondwaterniveau hoog is, komt verontreinigd grondwater in contact met niet-verontreinigde grond, die een deel van de verontreinigende stoffen kan vasthouden (sorptie) wanneer het waterpeil opnieuw daalt.

Als we de hoge massafluxen van MC2, die mogelijks te wijten zijn aan een accumulatie van sediment en verontreiniging in de peilbuizen, buiten beschouwing laten, blijkt uit de resultaten dat de verontreiniging met minerale olie in de loop van de campagnes lijkt af te nemen.

Deze dynamiek lijkt dominant te zijn voor BTEX in de meest verontreinigde zone, waardoor het het gunstige effect van fyto-remediatie nog niet meetbaar is.

BIJLAGEN

Bijlage 1 : Installatieplannen

Bijlage 2 : Resultaten van de fluxmetingen (waterflux en massaflux)

Bijlage 3 : Kaarten met aanduiding van de resultaten en grafieken

- Algemene kaart:
 - 1. Aanduiding van de stroomrichting tijdens MC1

- Kaarten van Zone 1:
 - 2. Waterflux Ondiep
 - 3. Waterflux Diep
 - 4. Massaflux Ondiep
 - 5. Massaflux Diep
 - 6. Massaflux BTEXN Ondiep
 - 7. Massaflux BTEXN Diep

- Kaarten van Centrale Zone
 - 8. Waterflux Ondiep
 - 9. Waterflux Diep
 - 10. Massaflux Ondiep
 - 11. Massaflux Diep
 - 12. Massaflux BTEXN Ondiep
 - 13. Massaflux BTEXN Diep

- Grafieken

Bijlage 4 : Analysecertificaten van het laboratorium

Bijlage 5 : Foto's

Volgende foto's geven een indruk van de iFLUX sampling campagne.







Bodemonderzoek voormalige cokesfabriek Carcoke i.k.v. RESANAT

Onderzoekslocatie: Lisseweegse Steenweg 12, 8380 Brugge

OVAM

26 maart 2023

Project Bodemonderzoek voormalige cokesfabriek Carcoke i.k.v. RESANAT
Opdrachtgever OVAM

Document Onderzoekslocatie: Lisseweegse Steenweg 12, 8380 Brugge
Status DRAFT
Datum 26 oktober 2022
Referentie 0000118807

Projectcode 0000118807
Projectleider Filip Sanders
Projectdirecteur Samuel Van Herreweghe

Auteur(s) Filip Sanders, Lise Asscherickx, Hanne Van Geit, Pol De Potter, Lotte Donvil
Gecontroleerd door

Paraaf

Adres Witteveen+Bos Belgium N.V.
Gorislaan 49
1820 Steenokkerzeel
België
+32 (0)2 759 59 30
www.witteveenbos.be
RPR Brussel

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos Belgium N.V. is gecertificeerd op basis van ISO 9001.
© Witteveen+Bos Belgium N.V.

Niets uit dit document mag worden vervaelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos Belgium N.V. noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos Belgium N.V. aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos Belgium N.V. geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	ADMINISTRATIEVE GEGEVENS	7
1.1	Algemene gegevens	7
1.2	Identificatie van de betrokken percelen	9
2	VOORSTUDIE	10
2.1	Algemene gegevens	10
2.2	Omgevingskenmerken	10
2.3	Geologie en hydrogeologie	10
2.4	Historische gegevens	11
2.5	Actuele inrichtingen en activiteiten	11
2.6	Resultaten voormalige bodemonderzoeken	12
2.7	Terreinbezoeken	13
3	OPZET	14
3.1	Piloot 1: Fytoremediatie rand	15
3.1.1	Referentiezone 1: Hoek Lisseweegse Steenweg	15
3.1.2	Zone 1 : Noordkant terrein	16
3.2	Piloot 2: Fytoremediatie rechteroever Zijdelings Vaartje	17
3.3	Piloot 3: Fytopiles "De Lieve"	17
3.3.1	Algemeen kader	18
3.3.2	Regelgeving tijdelijke oeverdeponie	22
3.4	Piloot 4: Fytoremediatie diep	22
4	RESULTATEN TERREIN- EN LABORATORIUMONDERZOEK	24
4.1	Terreinonderzoek en staalname	24
4.1.1	Motivatie van de plaatsing van boringen en peilbuizen	25
4.1.2	Bodemopbouw	25
4.1.3	Grondwater	34
4.2	Laboratoriumonderzoek en analyses	41

4.3	Weergave van de analyseresultaten	43
4.3.1	Referentiewaarden	43
4.3.2	Analyseresultaten bodem- en grondwaterstalen	44
5	EVALUATIE VERZAMELDE GEGEVENS	45
5.1	Zone 1	45
5.1.1	OIP	45
5.1.2	Boringen	45
5.1.3	Analyses vaste deel van de bodem	45
5.1.4	Analyses grondwater	47
5.1.5	Minerale olie en PAK's	47
5.2	Referentiezone 1	47
5.2.1	OIP	47
5.2.2	Boringen	47
5.2.3	Analyses vaste deel van de bodem	48
5.2.4	Analyses grondwater	48
5.3	Zone 2	48
5.3.1	OIP	48
5.3.2	Boringen	48
5.3.3	Analyses vaste deel van de bodem	48
5.4	Zone 4 (De Lieve)	49
5.5	Zone 4 + referentie	49
5.5.1	OIP	49
5.5.2	Boringen	50
5.5.3	Analyses vaste deel van de bodem	50
5.5.4	Analyses grondwater	50

Bijlage(n)

I **BIJLAGE: DEEL 1 ADMINISTRATIEVE BIJLAGEN**

I.1 Kadastrale gegevens

II **BIJLAGE: DEEL 2 KAARTENMATERIAAL**

II.1 Topografische kaart met aanduiding met aanduiding van de grondwaterwinningen van categorie C, drinkwaterwinningen, waterwingebieden en beschermingszones type I, II of III binnen een afstand van twee kilometer van de onderzoekslocatie

II.2 Plannen onderzoekslocatie

III **BIJLAGE: DEEL 3 OVERIGE BIJLAGEN**

III.1 EnISSA OIP-rapport

III.2 Fotoreportage

III.3 Technische beschrijving van de monsternamen

III.4 Boorprofielen

III.5 Analysecertificaten

III.6 Toetsing resultaten Carcoke site

III.7 Toetsing resultaten fytopen

III.8 Grafieken evolutie grondconcentraties oever Zijdelings Vaartje

1

ADMINISTRATIEVE GEGEVENS

1.1 Algemene gegevens

Titel: Bodemonderzoek voormalige gasfabriek Carcoke i.h.k.v. het RESANAT-project, Lisseweegse Steenweg 12 te 8380 Brugge

Referentie EBSD: 0000118807

Rapportdatum: 26 maart 2023

Onderzoekslocatie:

Straat+ nr. of omschrijving: Lisseweegse Steenweg 12

Postcode: 8380

Fusiegemeente: Brugge

Deelgemeente: Zeebrugge

Aanleiding:

- Periodieke verplichting
 - Overdracht grond
 - Overdracht grond + sluiting bedrijf
 - Sluiting bedrijf
 - Stopzetting activiteit
 - Decretaal verplicht
 - Decretaal vrijwillig
 - Verspreiding
 - Faillissement
 - Ambtshalve (1)
 - Onteigening
 - Sectorfonds
 - Vrijwillig door derden
 - Andere: Pilootproef i.k.v. RESANAT
-

Naam opdrachtgever: OVAM

Straat + nr.: Stationsstraat 110

Postcode: 2800

Fusiegemeente: Mechelen

Land: België

Telefoon: 015/284 284

Fax: 015/203 275

E-mail: info@ovam.be

Hoedanigheid: Eigenaar

Gebruiker

-
- Exploitant
 Optredend in opdracht van de eigenaar/gebruiker/exploitant
 Andere: Ambtshalve door de OVAM

Naam contactpersoon Tim Caers
Telefoon: 015/284 465
Fax: -
E-mail: tcaers@ovam.be

Naam contactpersoon ter plaatse n.v.t.
Telefoon: -
Fax: -
E-mail: -

Bodemsaneringsdeskundige Witteveen+Bos Belgium N.V.
Naam contactpersoon: Filip Sanders
Telefoon: 02/759.59.30
Fax: 02/759.55.40
E-mail: filip.sanders@witteveenbos.com

Dossiernummer OVAM: 1232

(1) Ambtshalve door de OVAM: als de bodemsaneringsdeskundige van de OVAM de opdracht heeft gekregen het oriënterend bodemonderzoek op te stellen.

1.2 Identificatie van de betrokken percelen

Gemeentenr.	Sectie	Perceelnr.	Adres Perceel	Van-Tot	Type (1)	Naam	Adres	Letter (2)	HB (3)	TB (3)	GWK (4)
31812	P	448 V3	Lisseweegse Steenweg 8380 Brugge	n.b. - heden	E	OVAM	Stationsstraat 110 2800 Mechelen	A	V	V	Ca1/v
				n.b. - heden	E	MBZ	Isabellalaan 1 8380 Brugge	B			
	P	324 P	Lanceloot Blondellaan, 8380 Brugge	n.b. - heden	E	Vlaamse Gewest	Havenlaan 88, 1000 Brussel	C	V	V	Ca1/v
	P	448 L3	Lisseweegse Steenweg 8380 Brugge	n.b. - heden	E	OVAM	Stationsstraat 110 2800 Mechelen	A	V	V	Ca1/v
P	448 R3	Lisseweegse Steenweg 8380 Brugge	n.b. - heden	E	OVAM	Stationsstraat 110 2800 Mechelen	A	V	V	Ca1/v	

(1) Eigenaar (E), gebruiker (G), beide (EG) of exploitant (Ex) – De gegevens van de huidige eigenaars, gebruikers en/of exploitanten worden vet weergegeven.

(2) Unieke letter toegewezen aan de betrokkene.

(3) Huidig/toekomstig bestemmingstype: code van I tot V (indien meerdere bestemmingstypes, alle codes opgeven).

(4) Grondwaterkwetsbaarheid: correcte code (indien meerdere codes, enkel strengste code opgeven).

2

VOORSTUDIE

De nodige inlichtingen voor de voorstudie zijn bekomen middels de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV-website), GIS-Vlaanderen/Geo-Vlaanderen (internet), informatie van de OVAM, voorgaande bodemonderzoeken en de topografische kaart.

2.1 Algemene gegevens

Het terrein heeft een oppervlakte van 120.562 m² en is onbebouwd.

Het centrale punt van het terrein heeft als Lambertcoördinaten: X = 68,307 km, Y = 223,502 km en Z = 4 m TAW.

Het terrein bevindt zich volgens het gewestplan in een gebied dat bestemd is als gebied voor milieubelastende industrieën (bestemmingstype V). Op het terrein is een gewestelijk Ruimtelijk Uitvoeringsplan (RUP) van toepassing met de naam "Afbakening zeehavengebied Zeebrugge (954)" (d.d. 19/06/2009). De bestemming van het terrein wordt hierin vastgelegd als gebied voor zeehaven- en watergebonden bedrijven.

Het terrein ligt niet in een waterwinningsgebied of beschermingszone.

2.2 Omgevingskenmerken

Het onderzochte gebied ligt in een industriezone. Het dichtstbijzijnde oppervlaktewater betreft het Boudewijnkanaal, enkel gescheiden van de onderzoekslocatie door de Lisseweegse Steenweg. De Noordzee bevindt zich op 2,5 km ten noorden van het onderzoeksterrein.

2.3 Geologie en hydrogeologie

De top laag werd gevormd in het Quartair en bestaat voornamelijk uit zand, grind en klei met veen. Deze laag is ca. 27 m dik. Hieronder bevindt zich de formatie van Aalter. Deze laag is ca. 16 m dik en bestaat voornamelijk uit kleirijk zand met glauconiet en zandsteenbanken. Hieronder bevindt zich de Formatie van Gentbrugge. Deze laag (ca. 39 m dik) bestaat uit klei met silt tot fijn zand en glauconiet.

De grondwaterkwetsbaarheid is als zeer kwetsbaar te kwalificeren. Tevens is de freatische watervoerende laag ter hoogte van het terrein als natuurlijk verzilt aangeduid (d.w.z. grondwater met een zoutgehalte >1.500 mg/l op een diepte minder dan 10 m-mv). De grondwaterkwetsbaarheid van het terrein wordt volgens de grondwaterkwetsbaarheidskaarten en de vastgestelde bodemopbouw geklasseerd onder type Ca1/v.

In de volgende tabel is de geologie ter hoogte van de onderzoekslocatie weergegeven.

Tabel 2.1 Geologische opbouw van de onderzoekslocatie (Bron: "Databank Ondergrond Vlaanderen - Boringen - Geraadpleegd op 23/12/2020, op <http://dov.vlaanderen.be>")

Diepte (m-mv)	Textuur	Heterogeniteit en gelaagdheid	Stratigrafie (1)	Doorlatendheid	OM (%)	Klei (%)	Opm.
0 - 27	Zand, klei, grind	Veen	Quartair	Redelijk goed			-
27 - 43	Kleirijk zand	Glauconiet en zandsteen-banken	Fm Aalter	Zeer goed			
43 - 82	Klei, silt	Glauconiet en zandsteen-banken	Fm Gentbrugge	Zeer slecht			

De doorlatendheid werd bepaald op basis van de geologie.

(1) Stratigrafie: Stratigrafische benaming zoals gebruikt op de meest recente geologische kaarten.

Tijdens het terreinwerk werd de bodemopbouw als volgt aangetroffen: De toplaag (tot 2,60 m-mv) bestaat uit fijn zand met een matige tot zeer sterke hoeveelheid steen en baksteen. Hieronder bevindt zich een leemhoudende zandlaag tot een diepte van 5 m-mv. Op een diepte van 5,00 m-mv tot 6,50 m-mv bevindt er zich een veenlaag. Hieronder, tot een diepte van 10,50 m-mv bevindt er zich een zandlaag.

De verwachte diepte van de grondwatertafel is circa 1,5 à 2 m-mv.

Zover bekend zijn er geen drinkwaterwinningen, waterwingebieden of beschermingszones aanwezig binnen een straal van 2 km rond de onderzoekslocatie.

Zover bekend bevinden zich geen onttrekkingspunten binnen een straal van 0,5 km rond de onderzoekslocatie. (Bron: "Databank Ondergrond Vlaanderen - Grondwaterwinningen - Geraadpleegd op 23/12/2020, Op <http://dov.vlaanderen.be>")

2.4 Historische gegevens

De eerste cokesfabriek op de betrokken site werd opgericht in ca. 1900. In 1975 werd de nv Carcoke eigenaar van de cokesfabriek in Zeebrugge. Het compressiestation werd eigendom van de nv Carcoke in 1984. In 1996 werden de activiteiten op het terrein stopgezet. Op basis van de beschikbare informatie blijkt duidelijk dat de activiteiten op het terrein doorheen de jaren verschillende malen zijn verplaatst, waarbij het niet altijd even duidelijk is welke impact de activiteiten hadden op de mogelijke verspreiding van de verontreinigingen.

De samenstelling van het terrein is gewijzigd door ophoging; ten noorden en ter noordoosten van het perceel (resp. zone 1 en referentiezone 1) komt een puinlaag met een dikte van ca. 2 meter voor.

Een groot deel van het terrein werd door OVAM afgegraven in 2009 tot een diepte van maximaal ca. 4 m-mv.

2.5 Actuele inrichtingen en activiteiten

Er zijn sinds 1996 geen activiteiten meer. In 1996 werden de gebouwen afgebroken. Sindsdien zijn er op de site een groot aantal bodemonderzoeken en -saneringen uitgevoerd.

De exacte locatie van (gas)leidingen en kabels is bekend.

2.6 Resultaten voormalige bodemonderzoeken

In opdracht van Carcoke nv is in de periode van december 1995 tot februari 1996 door SDS Ecocare Consultants n.v. een bodemonderzoek (ref. 95.623) uitgevoerd op het terrein gelegen aan de Lisseweegse Steenweg 12 te Zeebrugge. De aanleiding van dit onderzoek was het vastleggen van eventuele historische verontreiniging. Hierbij werden zowel in de bodem als in het grondwater in diverse zones concentraties aan verontreinigingsparameters (olie, PAK's, cyaniden, fenolen, vluchtige aromaten en zware metalen) aangetoond die de bodemsaneringsnorm of interventiewaarden overschreden.

Naar aanleiding van het stopzetten van de activiteiten op het terrein, meer bepaald vlarebo-activiteiten, werd een beschrijvend bodemonderzoek uitgevoerd door Ecolas-RDC, in opdracht van Carcoke nv. Dit rapport werd op 28 juli 1998 afgerond. Tijdens het beschrijvend bodemonderzoek werd aangetoond dat er ernstige aanwijzingen zijn dat de aangetroffen verontreiniging (zowel in de grond als in het grondwater) een ernstige bedreiging vertegenwoordigde. Het beschrijvend bodemonderzoek had tot doel het gedetailleerd karakteriseren (omvang, intensiteit en evolutie in de tijd) van de aanwezige verontreinigingen en het bepalen van de saneringsnoodzaak en -urgentie.

In de periode van november 1998 tot mei 1999 werd door Ecolas nv een bodemsaneringsproject opgesteld in opdracht van Carcoke (ref. 98/2636/HD). Dit bodemsaneringsproject werd eerst conform verklaard op 11/01/2000. Deze beslissing werd echter vernietigd. Gebaseerd op bovenvermelde bodemonderzoeken werd door Soresma nv in opdracht van de OVAM een bodemsaneringsproject opgesteld (ref. 120678091/kvn) d.d. 11/01/2003. Voorafgaand dienden tevens bijkomende acties uitgevoerd te worden. Dit bodemsaneringsproject werd op 16/01/2004 conform verklaard.

In de periode 2005-2007 werden alle gebouwen op het terrein en de bijhorende installaties verwijderd. De vrijgekomen afbraakmaterialen werden gescheiden volgens type. De inerte materialen, zoals beton en baksteen, werden er plaatse gebroken om in een latere fase van de werken te worden gebruikt of te worden vermarkt.

Na de afbraak werd gestart met de ontgraving van de verontreinigde bodem tot op een diepte van maximaal 4 m-mv. Hierbij worden indien nodig bijkomende stabiliteitsvoorzieningen gebruikt om de werken op een veilige manier uit te voeren. Het exacte ontgravingsplan werd geoptimaliseerd in functie van een gedetailleerde kartering van de verontreiniging.

Op 29/10/2008 werd door Soresma nv een tussentijds rapport ingediend bij de OVAM (ref. 125402055/kbo). Op 24/11/2008 verklaarde de OVAM zich akkoord met dit tussentijds rapport. Er werd wel opgemerkt dat de uitgevoerde werkzaamheden uitgebreider toegelicht dienden te worden alsook gestaafd aan de hand van afvoer- en verwerkingsattesten. Verder diende een duidelijker beeld van de verontreiniging geschetst te worden en diende nagegaan te worden of de verspreiding in het grondwater volledig in kaart gebracht werd.

In 2010 werd een bodemsaneringsproject opgesteld waarin een aantal aanvullingen bij het bodemsaneringsproject uit 2003 werden opgenomen. In 2018 werd een 3^e tussentijdse rapport opgesteld voor de periode tussen 2009 en 2017. Dit rapport werd initieel opgevat als een gefaseerd eindevaluatieonderzoek maar in samenspraak met de OVAM werd beslist om dit als een tussentijds rapport te beschouwen. Dit is niet de laatste fase. Dit tussentijds rapport is opgesteld na de bodemsanering van de historische bodemverontreiniging met minerale olie, PAK's, BTEX, cyanide, zware metalen, fenolen en ammonium in het vaste deel van de aarde. In tegenstelling tot het conform verklaard bodemsaneringsproject werd de aanpak van het grondwater met behulp van drains en verticale filters slechts gedeeltelijk (compressiestation) uitgevoerd. De verdere aanpak van de grondwaterverontreiniging zal bekeken worden in een nieuw bodemsaneringsproject.

Voor het verdere verloop van de bodemsanering worden volgende acties gepland: sanering van het gedeelte van de bodemverontreiniging op het terrein van Zeematex door ontgraving met

stabiliteitsmaatregelen en bemaling, de opmaak van een grondwatermodel, de actualisatie van de grondwaterverontreiniging in een nieuw beschrijvend bodemonderzoek, het opstellen van een niet gefaseerd bodemsaneringsproject voor de aanpak van de grondwaterverontreiniging en grondwatermonitoring.

In 2013 werd door Witteveen+Bos Belgium pilootwaterbodemonderzoek opgezet ter hoogte van het Zijdelings Vaartje (Pathoekeweg) tot aan de Graaf Visartsluis. Ter hoogte van het Prins Filipdok mondt het Zijdelings Vaartje uit in de Lisseweegse Vaart, die kort daarna uitmondt in de voorhaven, net ten noorden van de Graaf Visartsluis. Dit deel van het Lissewegse Vaartje behoorde ook tot het onderzoeksgebied. Het Zijdelings Vaartje stroomt door/langs de Carcoke site.

Er werd met dit waterbodemonderzoek nagegaan of er een ernstige bodemverontreiniging bestaat ter hoogte van de waterbodem. In 2007 heeft de OVAM, samen met een studiebureau en de Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid werkgroep Bagger- en Ruimingsspecie, een ontwerpstandaardprocedure voor waterbodemonderzoek opgemaakt. De Vlaamse Regering heeft op advies van de Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid en de OVAM een lijst van 15 prioritair te onderzoeken waterbodems opgesteld. Het Zijdelings Vaartje was opgenomen in deze lijst. Het onderzoek kadert in een reeks pilootprojecten, waar de ontwerpstandaardprocedure wordt afgetoetst op praktische werkbaarheid met de bedoeling mogelijke knelpunten en hiaten te identificeren en op te lossen.

Op basis van het onderzoek blijkt dat ter plaatse van de Carcoke site en stroomafwaarts van de Carcoke site de waterbodem sterk verontreinigd is met voornamelijk PAK, maar plaatselijk ook met minerale olie, zware metalen en cyanide. Met uitzondering van een verhoogd zinkgehalte in het slib, voldoet de kwaliteit van de waterbodem ter plaatse van de Pathoekeweg en de noordelijke gebieden aan de bodemsaneringsnormen. De sterke verontreiniging van de waterbodem is dan ook vooral aanwezig direct stroomopwaarts en stroomafwaarts van de Carcoke site.

Ter plaatse van de Carcoke site en stroomafwaarts is verder ook verontreiniging van de oevers vastgesteld als gevolg van ruimingswerken in het Zijdelings Vaartje. Het gaat hier met name om de rechteroever waarbij verontreiniging met PAK en enkele malen met cyanide is aangetoond. Stroomopwaarts en direct stroomafwaarts is ook op de linkeroever verontreiniging aangetoond. De verontreiniging ter plaatse van de oevers vlak na de Carcoke site zijn vermoedelijk niet het gevolg van verontreiniging van de waterbodem (ruimingen), maar lijken rechtstreeks door de voormalige activiteiten van Carcoke veroorzaakt.

Het oppervlaktewater voldoet voor arseen, kwik en diverse PAK-componenten niet aan de milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater. Dit is zowel stroomopwaarts en stroomafwaarts van Carcoke het geval als bij de monding van het Zijdelings Vaartje. In het zwevend stof zijn verhoogde PAK-concentraties vastgesteld.

Algemeen kan besloten worden dat zowel in de waterbodem als op de oevers verontreiniging wordt aangetroffen in de omgeving van de Carcoke site, met vooral PAK-componenten en in mindere mate minerale olie, cyanide en zware metalen. Als gevolg van deze verontreiniging is er sprake van een ecologisch risico voor zowel het droge als het natte deel. Bovendien is een verspreidingsrisico naar het oppervlaktewater.

Op basis van de aangetoonde risico's bestaat er een saneringsnoodzaak voor het Zijdelings Vaartje. Het saneren van de beek zou bovendien een positieve impact hebben op de water- en waterbodemkwaliteit verder stroomafwaarts.

2.7 Terreinbezoeken

Gedurende het huidige onderzoek werden meerdere terreinbezoeken afgelegd door de projectleider (Filip Sanders).

Een selectie van de foto's genomen tijdens het terreinbezoek zijn opgenomen in bijlage III.2.

3

OPZET

De onderzoeksdaden kaderen in een door Interreg gesubsidieerde project, RESANAT (REstverontreiniging SAneren met NAture based Technieken).

In het kader van het Interreg-project RESANAT testen negen partners uit Vlaanderen en Nederland uit hoe ze restverontreiniging kunnen saneren met behulp van nieuwe natuurgebaseerde technieken.

Twee testlocaties liggen in Vlaanderen, één in Nederland. Het gaat om de Lieve in Gent, de Carcoke-site in Zeebrugge en een woonwijk in 's Gravenmoer.

Op de Carcoke site zijn 3 locaties geselecteerd waar de pilootproeven worden uitgevoerd, waarvan 2 gesubsidieerd door Interreg. Een vierde pilootproef (ook gesubsidieerd) wordt uitgevoerd op de terreinen van Envisan met slib afkomstig van ruimingswerken van de Lieve :

- Piloot 1 : Deze wordt uitgevoerd aan de noordzijde van het Carcoke-terrein, ter hoogte van de grens met de Lisseweegse Steenweg. In de noordoostelijke hoek van de site bevindt zich de referentiezone 1. Hier is de verontreiniging vergelijkbaar, maar blijft de natuurlijke toestand behouden.
- Piloot 2 : Deze is gelokaliseerd ten westen van de Carcoke-site, aan de oever van het Zijdelings Vaartje.
- Piloot 3 : Voor deze pilootproef werden er op de terreinen van Envisan fytopen aangemaakt van het verontreinigde ruimingsslib van "De Lieve".
- Piloot 4 : Deze bevindt zich centraal op de Carcoke site, waar een uitgraving tot 4 m-mv is uitgevoerd. Voor deze zone is er ook een referentielocatie voorzien, ten westen van pilootzone 4.

Om de 0-situatie van de verontreinigingstoestand in kaart te brengen werden er ter hoogte van de verschillende pilootzones, Envisa-metingen uitgevoerd, boringen uitgevoerd en filters geplaatst en werden er bodem- en grondwaterstalen genomen.

Op basis van de beschikbare informatie na voorgaande bodemonderzoeken en -saneringen werden in samenwerking met Bio2Clean, IFlux en OVAM 4 locaties voor pilootproeven voor fyto-remediatie opgezet. In functie van het vastleggen van de nulsituatie van het terrein werd het terreinwerk, de staalname en de verwerking van de laboratoriumresultaten uitgevoerd door Witteveen+Bos. In dit hoofdstuk wordt de strategie voor het in kaart brengen van de aanwezige verontreinigings- en bodemkundige parameters toegelicht.

3.1 Piloot 1: Fytoremediatie rand

Het doel van deze pilootproef bestaat erin om de aanwezige restverontreiniging in deze zone te saneren en de risico's ervan te beheersen. Het mechanisme achter de sanering is micro-organisme geassisteerde fytodegradatie en fytostabilisatie. Dit zal gebeuren door middel van de aanplanting van populieren, wilgen en grassoorten gecombineerd met de inoculatie met micro-organismen, alsook door middel van bestaande vegetatie.

3.1.1 Referentiezone 1: Hoek Lisseweegse Steenweg

Deze zone heeft een oppervlakte van ca. 1.700 m². Initieel was het de bedoeling dat deze hoekzone de pilootzone zou worden. Op basis van de analyseresultaten is de pilootzone verplaatst naar het westen (ter hoogte van boringen reeks 8000) en wordt de hoek gebruikt als referentiezone.

Omwille van de gekende zeer hoge concentraties aan PAK's en teer en licht verhoogde concentraties aan minerale olie worden in een eerste fase OIP-metingen (OIP = Optical Image Profiler) voorzien voor de snelle detectie van een breed spectrum aan verontreinigende stoffen. Dankzij deze OIP-metingen wordt een eerste beeld gevormd van de concentratieprofielen van de verontreinigende stoffen om op deze manier de peilbuizen strategisch te kunnen plaatsen. Het rapport van de OIP-metingen wordt gegeven in bijlage III.1.

De OIP-metingen maken deel uit van HRSC-arsenaal van EnISSA. Met een OIP-sondering kan er snel en efficiënt de aanwezigheid van zeer hoge concentraties of puur product in de bodem, zoals o.a. brandstoffen, olie, creosoot en teer in beeld brengen.

Vervolgens werden er zowel diepe peilbuizen (7,50 m-mv, reeks 7200) als ondiepe peilbuizen (3,50 m-mv, reeks 7600) voorzien, met een diameter van 63 mm. Het doel van deze filters was de plaatsing van I-flux cartridges, voor de bepaling van massafluxen van de verontreinigende parameters en de bepaling van de lokale grondwaterstromingsrichting. Voor het verkrijgen van zo accuraat mogelijke boorbeschrijvingen zouden de boringen van reeks 7600 manueel geplaatst worden. Omwille van het zeer sterk puinhoudende karakter van de bodem was een manuele plaatsing of manueel voorboren onmogelijk. Alle filters werden daarom geplaatst met een holle avegaar. Hierdoor was het niet mogelijk om accuraat bodemstalen te nemen. Daarom werden ook diepere boringen van reeks 7500 geplaatst met behulp van linerboringen met de Geoprobe. De selectie van de bodemstalen en de uit te voeren labo-analyses werden gemaakt mede op basis van de OIP-resultaten.

In volgende tabel zijn de verdachte stoffen en de verrichte werkzaamheden voor deze zone gepresenteerd. In bijlage II.2 is een detailplan opgenomen ter situering van de boringen op het terrein.

Tabel 3.1 Onderzoekopzet referentiezone 1

Aantal OIP-meetpunten	Aantal boringen	Aantal peilbuizen	Verdachte stoffen
10 : En7021, En7023, En7025, En7027, En7028, En7035, En7030, En7031, En7032, En7033	4: B7505, B7506, B7507, B7508	9 tot 7,50 m-mv: P7201, P7202, P7203, P7204, P7205, P7206, P7207, P7208 en P7209 11 tot 3,50 m-mv: P7601, P7602, P7603, P7604, P7605, P7606, P7607, P7608, P7609, P7610 en P7611	PAK's, teer, minerale olie, BTEX

Bespreking resultaten OIP metingen van zone 1

Voor de eerste 2 m-mv zijn er zeer hoge EC pieken waar te nemen. Dit soort hoge pieken zijn meestal toe te wijzen aan de aanwezigheid van metalen of assen. Tussen 2 en 6,5 m-mv zien we EC waarden rond de 100 mS/m, wat wijst op een fijnere korrelgrootte. Opvallend is hier soms de heel geleidelijke toename van EC waarden tussen 2 en 4 meter. Dit wijst op een geleidelijke afname in korrelgrootte. Onder 6,5 m-mv is er een afname in EC waarden tot 50 mS/m, wat wijst op een toename in de korrelgrootte. Voor punt En7033 is er ook HPT data voorhanden dat over het volledige profiel een eerder goede doorlaatbaarheid vertoont, afgezien van een laag rond 6 m-mv dat zeer slecht doorlatend is.

In de bovenste meters van de sonderingen wordt verontreiniging aangetroffen, maar de respons en de diepte vertonen geen regelmaat. De verontreiniging komt in alle sonderingen voor tussen 5 en 7 m-mv. Uitzondering hierop is En7023 waar er ook tussen 3 en 4,5 m-mv een sterke aanwezigheid is van verontreiniging. Punt En7032 vertoont een zware verontreiniging tussen 1,5 en 7,2 m-mv. Er werd opgemerkt dat bij het bovenhalen, de stangen en sonde besmeurd waren met teer voor punt En7032. Dit heeft als gevolg dat het daaropvolgende punt (En7031) een hogere respons vertoont gedurende de eerste 3 meter dan misschien normaal aanwezig is.

Strategiewijziging zone 1 en referentiezone 1

Aangezien de opzet van pilootproef 1 vooral gericht is op het fytodegraderen van de verontreiniging met teer, minerale olie en PAK's en de eventueel gemobiliseerde afbraakproducten verder te fytodegraderen en/of te beheersen met fytohydraulica zou er hiervoor voldoende verontreiniging in bodem en grondwater moeten aanwezig zijn. Op basis van de analyseresultaten van zone 1 (hoek) werd de verontreiniging, zoals gemeten met behulp van OIP, echter niet teruggevonden. Om deze reden werd er in samenspraak met de verschillende partners en met OVAM besloten dat het niet meer zinvol was om deze zone 1 te behouden als zone voor het uitvoeren van de pilootproef fyto-remediatie. Daarentegen werd op basis van de analyses van referentiezone 1 hier wel voldoende verontreiniging aangetoond. Hoewel er in deze zone geen teer voorkomt, werd deze zeer geschikt geacht om de fytodegradatie en fytohydraulica van minerale olie, PAK's en BTEX aan te tonen.

Er werd dan ook geopteerd voor het omwisselen van zone 1 (hoekzone) met de referentiezone 1. Deze referentiezone wordt vanaf nu aangeduid als 'nieuwe zone 1' en de oorspronkelijke zone 1 als 'nieuwe referentiezone 1'.

3.1.2 Zone 1 : Noordkant terrein

De zone heeft een oppervlakte van ca. 1.350 m². Initieel was het de bedoeling dat deze zone de referentiezone 1 zou worden (waar m.a.w. geen sanering d.m.v. fyto-remediatie zou worden uitgevoerd). Op basis van de analyseresultaten is de referentiezone verplaatst naar de noordoostelijke hoek van het terrein.

Deze pilootzone (waar m.a.w. wel sanering d.m.v. fyto-remediatie zal worden uitgevoerd) bevindt zich westelijk van referentiezone 1, op ca. 210 m. De resultaten van zone 1 zullen aan deze van referentiezone 1 worden getoetst bij evaluatie van de saneringstechniek.

In volgende tabel zijn de verdachte stoffen en de verrichte werkzaamheden voor deze zone gepresenteerd. In bijlage II.2 is een detailplan opgenomen ter situering van de boringen op het terrein.

Tabel 3.2 Onderzoeksopzet pilootzone 1

Aantal OIP-meetpunten	Aantal boringen	Aantal peilbuizen	Verdachte stoffen
-	11: 7502B, P8301-P8310	Ondiep 14: P7501(3,50 m-mv), P910 (3,00 m-mv), P912 (3,50 m-mv),	PAK's, teer, minerale olie

Aantal OIP-meetpunten	Aantal boringen	Aantal peilbuizen	Verdachte stoffen
		P913 (3,00 m-mv) P8101-P8110 (4,00 m-mv):	
		diep 13: P7502 (7,50 m-mv), P911 (6,00-7,00), P914 (7,00-8,00) P8201-P8210 :(7,00 m-mv)	

3.2 Piloot 2: Fytoremediatie rechteroever Zijdelings Vaartje

Het doel van deze pilootproef bestaat erin om de aanwezige restverontreiniging in deze zone te saneren en de risico's ervan te beheersen. Het mechanisme achter de sanering is micro-organisme geassisteerde fytodegradatie en fytostabilisatie. Dit zal gebeuren door middel van de aanplanting van lisdodde en door het reeds aanwezige riet, gecombineerd met inoculatie met micro-organismen.

De zone heeft een oppervlakte van ca. 400 m².

Om een beter idee te krijgen van de verontreinigingssituatie zijn over een afstand van 98 meter, 15 ondiepe boringen uitgevoerd, met een tussenafstand van ca. 7 meter. Deze boringen zijn centraal uitgevoerd in de schuine oever vanop de "schouder" of bovenkant van de oever. De boringen zijn maw niet loodrecht op de oeverwand uitgevoerd, maar schuin. De boringen hebben een diepte van 1 meter.

Tabel 4.3 Onderzoekopzet pilootzone 2

Aantal OIP-meetpunten	Aantal boringen	Aantal peilbuizen	Verdachte stoffen
	15 B7101-B71015		PAK's, teer, minerale olie, BTEX

3.3 Piloot 3: Fytopiles "De Lieve"

Begin oktober 2020 heeft Bio2clean samen met Envisan de fytopiles aangelegd van het sediment van de Lieve op het terrein van Envisan. Het is de bedoeling van de piloot om na te gaan of de biodegradatie van de organische verontreinigende componenten kan versterkt worden met behulp van grassen, al dan niet met inoculatie.

Envisan heeft op 7 oktober 2020 de stalen van deze piles genomen voor de nulsituatie. Het gaat hier over 6 mengstalen van ca. 5 kg van de verschillende fytopiles. De stalen zijn aangeboden aan het labo voor analyses op 21 oktober 2020.

Hieronder wordt de locatie van de verschillende fytopiles weergegeven (Hulsdonk 27 te 9042 Desteldonk).



De analysesresultaten van de fytopiles werden opgenomen in bijlage III.6 en III.7. Van de fytopiles werden 6 monsters genomen. De monster werden geanalyseerd op droge stof, organische stof, klei, zware metalen, minerale olie GC (C10-C40), PAK (EPA) en pH (KCl).

3.3.1 Algemeen kader

Randvoorwaarde

Witteveen+Bos keurt de milieukundige kwaliteit van de partij grond op basis van alle geldende standaardprocedures en codes van goede praktijk en zijn expertise als erkend bodemsaneringsdeskundige. Niettemin, kan het nooit uitgesloten worden dat er bij uitgraving deelpartijen worden aangetroffen van een afwijkende kwaliteit gezien de inherente heterogeniteit van de bodemmatrix, gezien Witteveen+Bos mogelijks niet op de hoogte is van alle historische gebruiken van het terrein en gezien het nemen van grondmonsters door middel van boringen steeds een zekere graad van puntbemonstering betreft. Witteveen+Bos kan voor een dergelijk geval nooit aansprakelijk gesteld worden.

Toetsingskader

De analysesresultaten van de monsters werden in bijlage III.6 en III.7 getoetst aan de voorwaarden voor het vrij hergebruiken van uitgegraven grond als bodem en als bodem binnen kadastrale werkzone (80% van BSN van het bestemmingstype) zoals opgenomen in bijlage 4 en 5 van het VLAREBO. De normen zijn aangepast aan de pH, het organisch stof- en kleigehalte. De analysesresultaten werden eveneens getoetst aan de voorwaarden voor het gebruik in een bouwkundige/ vormvaste toepassing. Normoverschrijdingen worden **onderstreept en in het vet** weergegeven.

Er wordt een 3-delig nummer gehanteerd om de milieuhygiënische mogelijkheden weer te geven van de partij grond:

- het 1ste cijfer verwijst naar de gebruiksmogelijkheden voor buiten de kadastrale werkzone (KW);
- het 2de cijfer verwijst naar de gebruiksmogelijkheden voor binnen de kadastrale werkzone (KW);
- het 3de cijfer verwijst naar de gebruiksmogelijkheden in een bouwkundige/ vormvaste toepassing.

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de betekenis van de gehanteerde cijfers:

Tabel 3.3. Gehanteerde cijfers

cijfer	buiten KW	binnen KW	bouwkundig bodemgebruik/vormvast product
0	onbekend	onbekend	onbekend
1	(vrij gebruik)	vrij gebruik	vrij gebruik in een bouwkundig of vormvaste toepassing
2	vrij gebruik	gebruik mits toepassing van de codes van goede praktijk	-
3	gebruik binnen I-V, mits studie ontvangende grond	-	-
4	gebruik binnen III-V, mits studie ontvangende grond	-	-
5	gebruik binnen IV-V, mits studie ontvangende grond	-	-
7	Gebruik binnen V, mits studie ontvangende grond	-	-
9	geen gebruik mogelijk	geen gebruik mogelijk	geen gebruik mogelijk

Voor antracene, fluoreen, dibenzo(a,h)antracene, acenafteen, acenaftyleen en pyreen zijn er geen normen voor hergebruik van uitgegraven bodem als bouwkundig bodemgebruik of in vormvast product. Voor deze 6 PAK's werden er toetsingswaarden voorgesteld in het rapport "Afleiding en onderbouwing gemeenschappelijk normenkader voor grondstoffen en uitgegraven bodem in Vlaanderen" (OVAM, februari 2015). De voorgestelde waarden voor gebruik als bouwstof of bouwkundig bodemgebruik is opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 3.4 Voorgestelde bouwstofnormen PAK's

Parameter	Norm voorstel (mg/kg ds)
Antracene	10
Fluoreen	20
Dibenzo(a,h)antracene	30
Acenafteen	6,2
Acenaftyleen	1,2
Pyreen	46

Tabel 3.5 Resultaten toetsing bestemmingstype V.

Monsters	uitgevoerd analyse	parameters > richtwaarde (waarde voor het vrij hergebruik)	parameters > de 80% BSN voor het bestemmingstype van herkomst	parameters > bouwstofnorm	toegekende code
1 (1a)	Droge stof, organische stof, klei, zware metalen, minerale olie GC (C10-C40), PAK (EPA) en pH (KCl)	Nikkel, naftaleen, benzo(a)pyreen, fenanthreen, fluorantheen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(g,h,i)peryleen, indeno(1,2,3-c,d)pyreen, antraceen, fluoreen dibenzo(a,h)antraceen, acenafteen, acenaftyleen pyreen, minerale olie (C10-C40)	benzo(a)pyreen,, benzo(a)anthraceen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen,, indeno(1,2,3-c,d)pyreen, dibenzo(a,h)antraceen	benzo(a)pyreen,, fluorantheen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(g,h,i)peryleen, indeno(1,2,3-c,d)pyreen	999
2 (1b)	Droge stof, organische stof, klei, zware metalen, minerale olie GC (C10-C40), PAK (EPA) en pH (KCl)	Nikkel, naftaleen, benzo(a)pyreen, fenanthreen, fluorantheen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(g,h,i)peryleen, indeno(1,2,3-c,d)pyreen, antraceen, fluoreen dibenzo(a,h)antraceen, acenafteen, acenaftyleen pyreen, minerale olie (C10-C40)	Nikkel, benzo(a)pyreen,, benzo(a)anthraceen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen,, indeno(1,2,3-c,d)pyreen, dibenzo(a,h)antraceen	Nikkel, benzo(a)pyreen, fenanthreen, fluorantheen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(g,h,i)peryleen, indeno(1,2,3-c,d)pyreen	999
3 (1c)	Droge stof, organische stof, klei, zware metalen, minerale olie GC (C10-C40), PAK (EPA) en pH (KCl)	Nikkel, naftaleen, benzo(a)pyreen, fenanthreen, fluorantheen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(g,h,i)peryleen, indeno(1,2,3-c,d)pyreen, antraceen, fluoreen dibenzo(a,h)antraceen, acenafteen, acenaftyleen , minerale olie (C10-C40)	benzo(a)pyreen,, benzo(a)anthraceen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen,, indeno(1,2,3-c,d)pyreen, dibenzo(a,h)antraceen	benzo(a)pyreen,, fluorantheen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(g,h,i)peryleen, indeno(1,2,3-c,d)pyreen	999

Monsters	uitgevoerd analyse	parameters > richtwaarde (waarde voor het vrij hergebruik)	parameters > de 80% BSN voor het bestemmingstype van herkomst	parameters > bouwstofnorm	toegekende code
4 (1d)	Droge stof, organische stof, klei, zware metalen, minerale olie GC (C10-C40), PAK (EPA) en pH (KCl)	Nikkel, naftaleen, benzo(a)pyreen, fenanthreen, fluorantheen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(g,h,i)peryleen, indeno(1,2,3-c,d)pyreen, antraceen, fluoreen dibenzo(a,h)antraceen, acenaftteen, acenaftyleen pyreen, minerale olie (C10-C40)	benzo(a)pyreen,, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen,, indeno(1,2,3-c,d)pyreen, dibenzo(a,h)antraceen	benzo(a)pyreen, fenanthreen, fluorantheen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(g,h,i)peryleen, indeno(1,2,3-c,d)pyreen, minerale olie	999
5 (2a)	Droge stof, organische stof, klei, zware metalen, minerale olie GC (C10-C40), PAK (EPA) en pH (KCl)	Nikkel, naftaleen, benzo(a)pyreen, fenanthreen, fluorantheen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(g,h,i)peryleen, indeno(1,2,3-c,d)pyreen, antraceen, fluoreen dibenzo(a,h)antraceen, acenaftteen, acenaftyleen pyreen, minerale olie (C10-C40)	benzo(a)pyreen,, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen,, indeno(1,2,3-c,d)pyreen, dibenzo(a,h)antraceen, minerale olie	benzo(a)pyreen, fenanthreen, fluorantheen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(g,h,i)peryleen, indeno(1,2,3-c,d)pyreen, minerale olie	999
6 (2b)	Droge stof, organische stof, klei, zware metalen, minerale olie GC (C10-C40), PAK (EPA) en pH (KCl)	Nikkel, naftaleen, benzo(a)pyreen, fenanthreen, fluorantheen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(g,h,i)peryleen, indeno(1,2,3-c,d)pyreen, antraceen, fluoreen dibenzo(a,h)antraceen, acenaftteen, acenaftyleen pyreen, minerale olie (C10-C40)	benzo(a)pyreen,, benzo(a)anthraceen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen,, indeno(1,2,3-c,d)pyreen, dibenzo(a,h)antraceen, minerale olie	benzo(a)pyreen, fenanthreen, fluorantheen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(g,h,i)peryleen, indeno(1,2,3-c,d)pyreen, minerale olie	999

3.3.2 Regelgeving tijdelijke oeverdeponie

In het kader van een ander deelproject van Resanat werd een deel van De Lieve gebaggerd om op deze plaats reactieve matten te leggen die de instroming van verontreiniging afkomstig van het grondwater moet verminderen. Het is de bedoeling van de piloot om na te gaan of de biodegradatie van de organische verontreinigende componenten kan versterkt worden met behulp van grassen, al dan niet met inoculatie. Afhankelijk van het succes van de piloot zou daarna geëvalueerd worden of er gebruik kan gemaakt worden van de procedure tijdelijke oeverdeponie. Tijdelijke oeverdeponie is een procedure specifiek voorzien voor onbevaarbare waterlopen om ruimingsspecie te ontwateren in de erf dienstbaarheidszone (de 5-meterstrook).

De regeling voor het gebruik van bodemmaterialen staat toe dat de werken voor een beperkte ruiming (<250m³) van een niet-verdachte waterbodem, kunnen worden uitgevoerd zonder voorafgaande staalname en analyse van de waterbodem. De beperkte ruiming (<250m³) van een verdachte waterbodem zonder voorafgaande staalname en analyse van de waterbodem, is toegestaan. In die gevallen kan, onder de verantwoordelijkheid van de beheerder van de waterloop, de ruiming met uitspreiding van specie in de vijf meterstrook op de oever gebeuren zonder dat een voorafgaande staalname en analyse nodig is. Met verantwoordelijkheid wordt bedoeld dat het gebruik geen afbreuk doet aan de geldende grenswaarden voor het gebruik als bodem.

De uitvoerder van de werken meldt de start van de werken aan een erkende bodembeheerorganisatie. Bij de uitvoering van de werken kan de bagger- of ruimingsspecie tijdelijk op de oever worden gelegd:

- Bagger- of ruimingsspecie met concentraties van stoffen die lager of gelijk zijn aan 80% van de overeenstemmende bodemsaneringsnormen van het bestemmingstype waarin de ontvangende oever wordt ingedeeld conform de bepalingen van bijlage IV van het VLAREBO, mag worden uitgespreid op die oever om te ontwateren;
- Bagger- of ruimingsspecie die voldoet voor een gebruik volgens het VLAREBO, maar met concentraties van stoffen die hoger zijn dan 80% van de overeenstemmende bodemsaneringsnormen van het bestemmingstype waarin de ontvangende oever wordt ingedeeld conform de bepalingen van bijlage IV van het VLAREBO, mag voor de ontwatering ervan en in afwachting van de afvoer op de oevers van de waterloop worden gedeponeerd op voorwaarde dat de nodige maatregelen worden getroffen opdat de bagger- of ruimingsspecie niet vermengd wordt met de onderliggende bodem;
- Bagger- of ruimingsspecie die niet voldoet voor een gebruik volgens het VLAREBO wordt niet op de oevers van de waterloop uitgespreid.

Voor de tijdelijke opslag op de oever werkt de uitvoerder van de werken conform de code van goede praktijk.

3.4 Piloot 4: Fytoremediatie diep

Deze pilootzone bevindt zich centraal op het Carcoke-terrein, waar een ontgraving is uitgevoerd tot een diepte van ca. 4 m-mv. Onder deze ontgraving bevinden zich nog verschillende verontreinigde horizonten. In deze zone zijn een 20-tal populieren aangeplant.

Het doel van deze pilootproef is het saneren van de restverontreiniging onder de uitgegraven zone. Het mechanisme achter de sanering is micro-organisme geassisteerde fytodegradatie en hydraulische beheersing. Dit zal gebeuren door middel van de aanplanting van populieren gecombineerd met de inoculatie met micro-organismen.

Zone 4: Centraal terrein

Deze zone heeft een oppervlakte van ca. 1.500 m² (25 m x 60 m).

Omwillen van de gekende concentraties rond de terugsaneerwaarde aan PAK's, minerale olie en BTEX en de verontreiniging met cyanide worden in een eerste fase OIP-metingen voorzien voor de snelle detectie van een breed spectrum aan verontreinigende stoffen. Op basis van deze OIP-metingen zal de onderzoekszone verder afgebakend worden.

Vervolgens worden 5 peilbuizen met een diepte van 6,50 m-mv (reeks P7300) en 2 peilbuizen met een diepte van 10,50 m-mv (reeks P7400) voorzien. Deze werden geplaatst m.b.v. machinale pulsboringen. De selectie van de bodemstalen en de uit te voeren labo-analyses werden gemaakt mede op basis van de OIP-resultaten.

In volgende tabel zijn de verdachte stoffen en de verrichte werkzaamheden voor deze zone. In bijlage II.2 is een detailplan opgenomen ter situering van de boringen op het terrein.

Tabel 3.6 Onderzoeksopzet zone 4

Aantal OIP-meetpunten	Aantal boringen (excl. peilbuizen)	Aantal peilbuizen	Verdachte stoffen
8: En7001, En7002, En7004, En7005, En7006, En7007, En7009, En7010	1 (9,00 m-mv): B7509	7 (6,50 m-mv): P7301, P7302, P7303, P7304, P7401, P7402 en P7510 1 (12,00 m-mv): P7511	PAK's, minerale olie, BTEX, cyanide

Omwillen van de gekende zeer hoge concentraties aan PAK's en teer en licht verhoogde concentraties aan minerale olie worden in een eerste fase OIP-metingen voorzien voor de snelle detectie van een breed spectrum aan verontreinigende stoffen. Op basis van deze OIP-metingen zal de onderzoekszone verder afgebakend worden.

Referentiezone 4

De referentiezone (waar dus geen sanering d.m.v. fyto-remediatie zal worden uitgevoerd) bevindt zich westelijk van zone 4, op ca. 110 m. De resultaten van zone 4 zullen aan deze van referentiezone 4 worden getoetst bij evaluatie van de saneringstechniek.

De zone heeft een oppervlakte van 100 m².

In volgende tabel zijn de verdachte stoffen en de verrichte werkzaamheden voor deze zone gepresenteerd. In bijlage II.2 is een detailplan opgenomen ter situering van de boringen op het terrein.

Tabel 3.7 Onderzoeksopzet referentiezone 4

Aantal OIP-meetpunten	Aantal boringen	Aantal peilbuizen	Verdachte stoffen
-	-	1 ondiep (6,50 m-mv): P7503 1 diep (10,50 m-mv): P7504	PAK's, teer, minerale olie

4

RESULTATEN TERREIN- EN LABORATORIUMONDERZOEK

Dit hoofdstuk beschrijft het uitgevoerde veld- en laboratoriumonderzoek. De zintuiglijke waarnemingen en de analyseresultaten worden weergegeven.

4.1 Terreinonderzoek en staalname

Alle boringen en monsternames, opgenomen in dit verslag, gebeurden conform de OVAM richtlijnen, gepubliceerd in het "Compendium voor Monsterneming en Analyse", goedgekeurd bij Ministerieel besluit.

Het veldwerk werd uitgevoerd door Witteveen+Bos Belgium N.V., Gorislaan 49, 1820 Steenokkerzeel en door Délo Boringen, Industriepark Brechtsebaan 18A, 2900 Schoten. In volgende tabel wordt weergegeven wanneer welke werkzaamheden werden uitgevoerd.

Tabel 4.1 Overzicht veldwerk

Uitvoering	Doel	Reeksnaam boringen/peilbuizen	Datum
En1SSA OIP-metingen	Karakteriseren van PAK-verontreiniging (diepte en verspreiding)	En7000	19-20-21 december 2018
Zijdelings vaartje	Karakterisatie ondiepe verontreiniging in de oevers.	7100	22 januari 2019 18 juni 2021 9 februari 2022 25-26 juli 2022
Manuele boringen	Plaatsen van ondiepe filters I-Flux, gedetailleerde boorbeschrijvingen	7600	12-13 augustus 2019
Machinale boringen (Geoprobe)	Gedetailleerde boorbeschrijvingen, boringen al dan niet afgewerkt tot peilbuis	7500	19-20 augustus 2019
	Plaatsen van ondiepe filters I-Flux	8100	9-10-13-14 januari 2020
	Plaatsen van diepe filters I-Flux	8200	9-10-13-14 januari 2020
	Gedetailleerde boorbeschrijvingen en maximale staalname	8300 *	23 januari 2020 3 februari 2020
Machinale pulsboringen	Plaatsen van ondiepe filters I-Flux	7300	26 augustus 2019
	Plaatsen van diepe filters I-Flux	7200, 7400	26 augustus 2019
Waterstaalname			20-21 januari 2020 10-11 maart 2020 25-26 januari 2021

Uitvoering	Doel	Reeksnaam boringen/peilbuizen	Datum
			2-8 februari 2021
			23-27 juli 2021
			8 september 2021
			27-28 januari 2022
			8 februari 2022
			9-10-14 februari 2022
			13-14-15 juli 2022
			25-26 juli 2022

* Deze reeks boringen (8300) wordt op de plannen verkeerdelijk weergegeven als peilbuizen. Dit zal in een vervolgrapportage worden aangepast.

Het volledige boorverslag met betrekking tot de waargenomen bodemopbouw en grondwaterstand op het terrein is opgenomen in bijlagen III.3 en III.4.

Een kort overzicht van de bijzonderheden wordt weergegeven in de volgende paragrafen.

4.1.1 Motivatie van de plaatsing van boringen en peilbuizen

In hoofdstuk 3 werd per zone en per bron een overzicht gegeven van de geplaatste boringen en peilbuizen. Eventuele afwijkende plaatsingen worden in deze paragraaf toegelicht.

Omwille van de sterk puinhoudende ondergrond dienden alle pogingen voor manuele plaatsing (reeks 7600) gestaakt te worden. Om deze reden dienden alle filters machinaal geplaatst te worden.

Door de ligging van een hogedrukgasleiding in de noordoostelijke hoek van het terrein (t.h.v. de nieuwe referentiezone 1) en ten noorden van het terrein (t.h.v. de nieuwe zone 1) dienden enkele geplande boorlocaties gewijzigd te worden. Er dient voor de veiligheid immers minimaal 4 meter afstand te zijn tussen de gasleiding en de boringen. De gestuurde boringen voor gas werden op basis van hun GPS-coördinaten uitgepaald om de nodige afstand te kunnen respecteren. De locaties van de gasleidingen zijn op de plannen in het geel aangeduid.

Op de westelijke zijde van zone 1 bleek de zone tussen de gasleiding en het openbaar domein relatief smal. Hier werd daarom geopteerd om de boringen ten westen van de gasleiding te plaatsen. Uit de OIP-resultaten blijkt dat ook deze zijde nog sterk verontreinigd is.

4.1.2 Bodemopbouw

Tijdens het terreinwerk werd de bodemopbouw als volgt aangetroffen: De bovenste laag (tot 2,60 m-mv) bestaat uit fijn zand met een matige tot sterke hoeveelheid puin en stenen. Hieronder bevindt zich een leemhoudende zandlaag tot een diepte van 5 m-mv. Op een diepte van 5,00 m-mv tot 6,50 m-mv bevindt er zich een veenlaag. Hieronder, tot een diepte van 10,50 m-mv bevindt er zich een zandlaag. De volledige boorprofielen van de uitgevoerde boringen zijn opgenomen in bijlage III.4. In volgende tabel zijn de zintuiglijke waarnemingen van de vaste fractie van de bodem weergegeven.

Voor de gedetailleerde boorbeschrijvingen van de boringen tot 1 m-mv aan het Zijdelings Vaartje wordt ook verwezen naar bijlage III.4.

Tabel 4.2 Bijzondere zintuiglijke waarnemingen

Zone	Boring	Diepte (m-mv)	Traject (m-mv)	Zintuiglijke waarneming
Zone 1	7501	3,5	0,00-1,00	Sterk steenhoudend sterk bakstenhoudend sterk puinhoudend

Zone	Boring	Diepte (m-mv)	Traject (m-mv)	Zintuiglijke waarneming
			1,00-1,50	Sterk baksteenhoudend matig steenhoudend sterk kolengruishoudend
			1,50-2,00	Sterke onbekende geur
			2,50-3,00	Matige onbekende geur
	7502A	1,5	0,00-0,80	Matig baksteenhoudend matig steenhoudend
			0,80-1,50	Sterk kolengruishoudend matig steenhoudend zwak baksteenhoudend Vast op houten balk
	7502B	2,5	0,00-0,80	Matig baksteenhoudend matig steenhoudend
			0,80-2,50	Sterk kolengruishoudend matig steenhoudend zwak baksteenhoudend Vast op beton
	P7502	7,5	0,00-0,80	Matig baksteenhoudend matig steenhoudend
			0,80-2,60	Sterk kolengruishoudend matig steenhoudend zwak baksteenhoudend Vast op beton
			2,60-4,80	Matig leemhoudend zwak glauconiethoudend matige onbekende geur
			4,80-5,80	Zwak glauconiethoudend matige onbekende geur
			5,80-7,50	Matig leemhoudend matig glauconiethoudend matige onbekende geur
	P8101	4	2,50-4,00	Sterke onbekende geur
	P8102	4	2,50-4,00	Sterke onbekende geur
	P8103	4	2,50-4,00	Sterke onbekende geur
	P8104	4	2,50-4,00	Sterke onbekende geur
	P8105	4	2,50-4,00	Sterke onbekende geur
	P8107	4	2,50-4,00	Sterke onbekende geur
	P8108	4	2,50-4,00	Sterke onbekende geur
	P8109	4	2,50-4,00	Sterke onbekende geur
	P8202	7	2,50-5,00	Sterke onbekende geur
			5,00-6,00	Sterk veenhoudend matige onbekende geur
	P8203	7	2,50-5,00	Sterke onbekende geur
			5,00-6,00	Sterk veenhoudend matige onbekende geur
	P8204	7	2,50-5,00	Sterke onbekende geur
			5,00-6,00	Sterk veenhoudend matige onbekende geur
	P8205	7	2,50-5,00	Sterke onbekende geur
			5,00-6,00	Sterk veenhoudend matige onbekende geur
	P8207	7	2,50-5,00	Sterke onbekende geur
			5,00-6,00	Sterk veenhoudend matige onbekende geur
	P8208	7	2,50-5,00	Sterke onbekende geur

Zone	Boring	Diepte (m-mv)	Traject (m-mv)	Zintuiglijke waarneming		
Referentie-zone 1	P8209	7	5,00-6,00	Sterk veenhoudend matige onbekende geur		
			2,50-5,00	Sterke onbekende geur		
	P8210	7,5	5,00-6,00	Sterk veenhoudend matige onbekende geur		
			5,00-7,00	Uiterst veenhoudend		
	P7202	7,5	1,60-2,00	Uiterst puinhoudend uiterst steenhoudend		
	P7206	7,5	0,00-1,20	Sterk steenhoudend matig puinhoudend zwak baksteenhoudend		
			1,20-1,50	Matig steenhoudend		
			1,50-2,50	Uiterst steenhoudend matig baksteenhoudend sterk puinhoudend		
			2,50-3,50	Zwak steenhoudend		
			6,00-7,50	Matig houthoudend matige rottingsgeur		
			7207	2,3	0,00-1,20	Sterk steenhoudend sterk puinhoudend matig baksteenhoudend
					1,20-1,50	Sterk steenhoudend
	1,50-2,30	Sterk steenhoudend sterk puinhoudend				
	P7207A	7,5	2,00-5,00	Sterk steenhoudend		
			5,00-6,50	Matige rottingsgeur		
	P7208	7,5	1,00-2,50	Uiterst puinhoudend uiterst steenhoudend		
	P7209	7,5	1,50-2,50	Sterk steenhoudend sterk puinhoudend		
	7505	7,5	0,00-1,00	Zwak wortelhoudend zwak steenhoudend		
			1,00-2,00	Matig kolengruishoudend zwak steenhoudend		
			2,00-2,50	Matig leemhoudend zwak glauconiethoudend		
			2,50-3,50	Matig leemhoudend		
			3,50-5,50	Sterk veenhoudend		
			5,50-7,50	Zwak glauconiethoudend zwak leemhoudend		
			7506	7,5	0,00-0,50	Sterk steenhoudend
	0,50-1,00	Matig kolengruishoudend sterk steenhoudend				
	1,00-1,50	Matig steenhoudend				
	2,50-3,00	Matig veenhoudend				
5,50-6,50	Uiterst veenhoudend					
7507A	0,4	0,00-0,40	Sterk steenhoudend sterk baksteenhoudend sterk puinhoudend Vast op steen			
7507B	0,3	0,00-0,30	Sterk steenhoudend sterk baksteenhoudend sterk puinhoudend Vast op steen			

Zone	Boring	Diepte (m-mv)	Traject (m-mv)	Zintuiglijke waarneming
	7508A	0,25	0,00-0,25	Uiterst puinhoudend uiterst steenhoudend matig baksteenhoudend Vast op steen
	7508B	0,2	0,00-0,20	Uiterst puinhoudend uiterst steenhoudend matig baksteenhoudend Vast op steen
	7508C	0,4	0,00-0,40	Uiterst puinhoudend uiterst steenhoudend matig baksteenhoudend Vast op steen
	7601A	1,5	0,00-1,50	Zwak baksteenhoudend uiterst grindhoudend uiterst steenhoudend Vast op?
	7601B	1	0,00-1,00	Uiterst baksteenhoudend uiterst grindhoudend uiterst steenhoudend brokken betonhoudend
	7602	1,6	1,50-1,60	Uiterst puinhoudend uiterst steenhoudend
	7602A	0,9	0,00-0,90	Sterk baksteenhoudend uiterst grindhoudend brokken betonhoudend sterk kolengruishoudend
	7602B	0,7	0,00-0,70	Sterk grindhoudend brokken betonhoudend matig kolengruishoudend sterk baksteenhoudend
	7603A	1,2	0,00-0,80	Zwak baksteenhoudend
			0,80-1,20	Sterk grindhoudend uiterst steenhoudend brokken betonhoudend uiterst baksteenhoudend
	7604A	0,5	0,00-0,25	Matig baksteenhoudend sterk grindhoudend sterk steenhoudend brokken betonhoudend
			0,25-0,50	Uiterst kolengruishoudend matig grindhoudend brokken betonhoudend
	P7606	3,5	0,00-1,50	Sterk puinhoudend sterk steenhoudend
			1,50-2,00	Uiterst puinhoudend uiterst steenhoudend
	P7607	3,5	0,00-1,00	Sterk steenhoudend sterk puinhoudend
			1,00-1,50	Sterk steenhoudend sterk puinhoudend
			1,50-2,00	Uiterst steenhoudend uiterst puinhoudend
	P7608	3,5	1,00-2,50	Sterk steenhoudend sterk puinhoudend
	P7609_N	7,5	1,50-2,50	Sterk steenhoudend sterk puinhoudend
	P7611	3,5	1,50-2,50	Uiterste onbekende geur
			2,50-3,50	Sterke onbekende geur
	8301	6	0,00-1,50	Matig baksteenhoudend matig steenhoudend
			1,50-2,00	Matig baksteenhoudend uiterst steenhoudend
			2,00-3,50	Matig steenhoudend
			3,50-4,50	Sterke carbolineumgeur
	8302	6	0,00-1,00	Resten baksteenhoudend zwak steenhoudend
			1,00-1,40	Resten baksteenhoudend zwak steenhoudend
			1,40-2,50	Sterk baksteenhoudend sterk metselpuinhoudend zwakke carbolineumgeur
			2,50-2,80	Resten wortelhoudend zwakke carbolineumgeur

Zone	Boring	Diepte (m-mv)	Traject (m-mv)	Zintuiglijke waarneming
			2,80-3,30	Sterke carbolineumgeur
			3,30-3,60	Sterke carbolineumgeur
			3,60-4,50	Uiterste carbolineumgeur
			4,50-5,50	Resten schelphoudend matige carbolineumgeur
			5,50-6,00	Zwakke carbolineumgeur
	8303B	4	0,00-1,00	Zwak steenhoudend zwak wortelhoudend brokken kleihoudend
			1,00-2,40	Resten wortelhoudend
			2,40-3,60	Zwakke carbolineumgeur
	8303	7,5	0,00-0,70	Sterk steenhoudend matig puinhoudend zwak bakstenhoudend
			0,70-1,90	Matig steenhoudend
			1,90-2,65	Vettige laag
	8304	6	0,00-1,00	Sterk bakstenhoudend sterk metselpuinhoudend
			1,00-1,80	Zwak metselpuinhoudend zwakke carbolineumgeur
			1,80-2,20	Sterk bakstenhoudend matig metselpuinhoudend zwakke carbolineumgeur
			2,20-2,70	Resten plantenhoudend zwakke carbolineumgeur
			2,70-4,00	Resten plantenhoudend zwakke carbolineumgeur
			4,00-4,30	Resten plantenhoudend zwakke carbolineumgeur
	8305	6	0,00-1,00	Matig bakstenhoudend sterk metselpuinhoudend sterk steenhoudend
			1,00-1,80	Resten plantenhoudend
			1,80-2,40	Zwakke carbolineumgeur
			2,40-3,00	Resten veenhoudend zwakke carbolineumgeur
			3,00-3,60	Resten plantenhoudend zwakke carbolineumgeur
			3,60-3,90	Resten plantenhoudend
			3,90-4,30	Zwakke carbolineumgeur
			4,30-4,50	Resten veenhoudend zwakke carbolineumgeur
	8306B	4	0,00-1,10	Sterk bakstenhoudend sterk steenhoudend
			1,10-1,50	Zwak wortelhoudend
			1,50-2,00	Sterk wortelhoudend matige carbolineumgeur
			2,00-2,70	Sterke carbolineumgeur
			2,70-3,00	Sterke carbolineumgeur
			3,00-3,50	Sterke carbolineumgeur

Zone	Boring	Diepte (m-mv)	Traject (m-mv)	Zintuiglijke waarneming
			3,50-4,00	Sterk schelphoudend matige carbolineumgeur
	8306	7,5	0,00-0,50	Zwak baksteenhoudend sterk steenhoudend matig puinhoudend zwak wortelhoudend
			0,50-1,00	Sterk steenhoudend matig baksteenhoudend zwak puinhoudend zwak wortelhoudend
			1,00-1,40	Matig steenhoudend zwak wortelhoudend matige
			1,40-1,70	Zwak wortelhoudend
			3,45-3,60	Matig schelphoudend
			4,70-6,95	Matig schelphoudend
			6,95-7,30	Sterk veenhoudend
	8307B	4	0,00-1,00	Uiterst steenhoudend uiterst metselpuinhoudend zwak baksteenhoudend
			1,00-1,50	Sterk steenhoudend zwak baksteenhoudend sterk metselpuinhoudend resten wortelhoudend
			1,50-1,80	Matig wortelhoudend matige carbolineumgeur
			1,80-2,70	Matige carbolineumgeur
			2,70-3,20	Matige carbolineumgeur
			3,20-3,50	Resten schelphoudend sterke carbolineumgeur
			3,50-4,00	Resten schelphoudend zwakke carbolineumgeur
	8307	7,5	0,00-1,00	Sterk steenhoudend zwak baksteenhoudend zwak puinhoudend matig keien
			1,00-1,20	Zwak steenhoudend
			1,20-1,40	Zwak steenhoudend zwak kolengruishoudend
			1,40-1,60	Zwak wortelhoudend
			1,60-2,50	Zwak wortelhoudend
	8308	6	0,00-0,90	Zwak baksteenhoudend sterk metselpuinhoudend uiterst steenhoudend
			0,90-1,40	Matig steenhoudend sterk kolengruishoudend
			1,40-2,00	Zwakke carbolineumgeur
			2,00-2,40	Zwakke carbolineumgeur
			2,40-3,00	Zwakke carbolineumgeur
			3,00-3,30	Resten plantenhoudend zwakke carbolineumgeur
			3,30-3,60	Zwakke carbolineumgeur
			3,60-4,00	Matige carbolineumgeur
			4,00-4,80	Resten plantenhoudend zwakke carbolineumgeur
			5,00-5,30	Zwakke carbolineumgeur
			5,50-6,00	Zwakke carbolineumgeur

Zone	Boring	Diepte (m-mv)	Traject (m-mv)	Zintuiglijke waarneming
Zone 4	8309	6	0,00-0,70	Sterk steenhoudend uiterst metselpuinhoudend sterk baksteenhoudend
			0,70-0,90	Resten betonhoudend
			0,90-1,10	Sterk baksteenhoudend uiterst metselpuinhoudend
			1,10-1,40	Uiterst kolengruishoudend zwak metselpuinhoudend
			1,40-1,60	Zwakke carbolineumgeur
			1,60-2,20	Resten plantenhoudend sterke carbolineumgeur
			2,20-3,20	Resten plantenhoudend sterke carbolineumgeur
			3,20-3,60	Resten plantenhoudend matige carbolineumgeur
			3,60-4,10	Resten plantenhoudend zwakke carbolineumgeur
			4,10-4,50	Zwakke carbolineumgeur
			4,50-5,20	Zwakke carbolineumgeur
			5,20-5,40	Zwakke carbolineumgeur
			5,60-5,80	Zwakke carbolineumgeur
			8310	6
	1,00-1,40	Matig baksteenhoudend matig metselpuinhoudend uiterst kolengruishoudend		
	1,40-1,60	Zwakke carbolineumgeur		
	1,60-2,20	Sterke carbolineumgeur		
	2,20-3,00	Resten plantenhoudend matige carbolineumgeur		
	3,00-3,40	Matige carbolineumgeur		
	8311	0,7	0,00-0,70	Sterk grindhoudend brokken betonhoudend matig kolengruishoudend sterk baksteenhoudend Vast op ?
			P7301	6,5
	P7301	6,5	0,50-1,00	Matig baksteenhoudend matig puinhoudend matig steenhoudend
			1,00-1,50	Zwak baksteenhoudend zwak puinhoudend
			2,00-2,50	Matig steenhoudend zwak puinhoudend
			2,50-5,00	Matig baksteenhoudend matig puinhoudend matig steenhoudend
			5,00-6,00	Sterk houthoudend
			6,00-6,50	Sterk houthoudend uiterste onbekende geur Puur product
			P7302	6,5
			1,50-5,00	Sterk houthoudend sterk steenhoudend sterk puinhoudend

Zone	Boring	Diepte (m-mv)	Traject (m-mv)	Zintuiglijke waarneming
			5,00-5,40	Matig puinhoudend zwak baksteenhoudend zwak steenhoudend matig houthoudend
			5,40-6,20	Sterk houthoudend
			6,20-6,50	Matig houthoudend uiterste onbekende geur Puur product
	P7303	6,5	0,00-0,50	Matig puinhoudend matig steenhoudend
			0,50-1,00	Matig baksteenhoudend matig steenhoudend matig puinhoudend
			1,00-2,00	Matig baksteenhoudend zwak puinhoudend
			2,00-3,00	Matig houthoudend matig steenhoudend
			3,00-6,00	Matig steenhoudend zwak houthoudend
			6,00-6,50	Matig steenhoudend, matig plastiekhoudend, matig puinhoudend, uiterste onbekende geur Puur product
	7304	2,6	0,00-1,50	Sterk puinhoudend sterk steenhoudend
			1,50-2,60	Uiterst puinhoudend uiterst steenhoudend
	P7304A	6,5	0,00-1,50	Sterk steenhoudend zwak baksteenhoudend
			1,50-5,20	Sterk steenhoudend sterk puinhoudend
			5,20-6,00	Matig houthoudend matige rottingsgeur
			2,50-2,90	Uiterst steenhoudend uiterst puinhoudend
	P7401	10,5	0,00-0,50	Zwak puinhoudend
			0,50-1,50	Matig baksteenhoudend matig puinhoudend
			1,50-2,00	Matig puinhoudend matig steenhoudend matig houthoudend
			2,00-3,00	Sterk houthoudend, wortels, stronken
			3,00-4,00	Matig steenhoudend
			4,00-5,00	Zwak baksteenhoudend matig puinhoudend matig steenhoudend matig houthoudend
			5,00-6,50	Matige rottingsgeur
			6,50-8,70	Matige rottingsgeur
			8,70-9,00	Zwakke rottingsgeur
	P7402	10,5	0,00-0,50	Matig puinhoudend matig steenhoudend
			0,50-1,50	Sterk steenhoudend zwak baksteenhoudend
			1,50-2,00	Zwak baksteenhoudend matig steenhoudend
			2,00-5,00	Zwak baksteenhoudend matig steenhoudend
			5,00-5,50	Uiterste onbekende geur puur product
			5,50-6,50	Matige onbekende geur
			6,50-10,00	Matige onbekende geur

Zone	Boring	Diepte (m-mv)	Traject (m-mv)	Zintuiglijke waarneming
			10,00-10,50	Matige onbekende geur
	7509	9	0,00-1,00	Sterk baksteenhoudend matig steenhoudend
			1,00-1,50	Matig steenhoudend matig veenhoudend
			1,50-2,50	Matig veenhoudend matig steenhoudend
			2,50-3,00	Matig veenhoudend matig steenhoudend
			3,00-4,00	Matig steenhoudend matig puinhoudend
			4,00-4,50	Matig grindhoudend
			5,50-6,50	Sterk veenhoudend uiterst houthoudend
			6,50-7,00	Zwakke onbekende geur
			7,00-9,00	Matige onbekende geur
	P7510	6,5	0,00-0,50	Zwak wortelhoudend zwak baksteenhoudend zwak steenhoudend
			0,50-1,00	Zwak steenhoudend zwak baksteenhoudend
			1,00-1,50	Zwak leemhoudend
			1,50-2,00	Zwak leemhoudend
			2,00-2,50	Matig baksteenhoudend
			2,50-5,00	Matig leemhoudend
			5,00-5,50	Sterk leemhoudend zwak glauconiethoudend matige onbekende geur
			5,50-6,50	Matig leemhoudend
	P7511	12	0,00-0,50	Zwak wortelhoudend zwak steenhoudend
			0,50-3,50	Zwak leemhoudend
			3,50-5,00	Matig leemhoudend matige onbekende geur
			5,00-8,00	Zwak leemhoudend matige onbekende geur
			8,00-12,00	Zwak glauconiethoudend matig leemhoudend
Referentiezone 4	P7503	6,5	0,00-0,50	Zwak wortelhoudend
			0,50-1,50	Zwak leemhoudend zwak baksteenhoudend zwak steenhoudend
			1,50-2,00	Matig leemhoudend zwak steenhoudend zwak baksteenhoudend
			2,00-3,00	Matig leemhoudend
			3,00-5,00	Matig leemhoudend matig veenhoudend sterke onbekende geur
			5,00-6,50	Zwak glauconiethoudend zwak leemhoudend sterke onbekende geur
	P7504	10,5	0,00-0,50	Zwak wortelhoudend

Zone	Boring	Diepte (m-mv)	Traject (m-mv)	Zintuiglijke waarneming
			0,50-1,50	Zwak leemhoudend zwak baksteenhoudend zwak steenhoudend
			1,50-2,00	Matig leemhoudend zwak steenhoudend zwak baksteenhoudend
			2,00-3,00	Matig leemhoudend
			3,00-5,00	Matig leemhoudend matig veenhoudend sterke onbekende geur
			5,00-7,50	Zwak glauconiethoudend zwak leemhoudend sterke onbekende geur
			7,50-9,00	Sterk veenhoudend sterke onbekende geur
			9,00-10,50	Zwak glauconiethoudend zwak leemhoudend sterke onbekende geur

4.1.3 Grondwater

Conform het CMA werden er vijf meetwaarden genoteerd om de stabilisatie van de veldparameters (geleidbaarheid, pH en temperatuur) aan te tonen, in sommige gevallen werden er minder dan vijf meetwaarden genoteerd, voornamelijk bij de bemonsteringen in 2019 en 2020, vanaf 2021 werden er wel zo goed als altijd vijf meetwaarden genoteerd. De peilbuis waar er geen vijf meetwaarden werden genoteerd is P7504. Er werd hier echter wel een stabilisatie aangetoond. De gegevens die werden genoteerd, worden opgenomen in bijlage III.3.

De volgende peilbuisgegevens zijn voorhanden.

Tabel 4.3 Peilbuiswaarnemingen

Naam	Plaatsingsdatum	Staalname-datum	Filterstelling (m-mv)	Grondwater (m-mv)	pH	T (°C)	Ec (µS/cm)	O2 (mg/l)	Eh (mV)
REFERENTIE ZONE 1									
P7201	30/09/2019	08/10/2019	6,50 - 7,50	1,79	6,79	14,7	7100	0,18	-52
P7202	30/09/2019	08/10/2019	6,50 - 7,50	1,70	6,65	13,9	2010	0,15	-30
P7203	27/09/2019	09/10/2019	6,50 - 7,50	1,79	7,13	13,4	1630	0,31	-47
P7204	25/09/2019	09/10/2019	6,50 - 7,50	1,53	7,03	11,6	1900	0,46	-23
P7205	25/09/2019	09/10/2019	6,50 - 7,50	1,59	6,89	11,9	2180	0,36	-25
P7206	02/09/2019	08/10/2019	6,50 - 7,50	0,55	7,03	14,9	3970	0,15	3
P7207A	04/09/2019	09/10/2019	6,50 - 7,50	1,77	7,03	13,4	2220	0,27	-123
P7208	27/09/2019	14/10/2019	6,50 - 7,50	2,06	6,62	14,1	2130	0,2	-293
		02/02/2021		2,55	6,96	10,8	1760	0,26	149
P7209	24/09/2019	14/10/2019	6,50 - 7,50	2,00	6,8	13,6	2450	0,21	-312
		08/02/2021		1,26	7,1	9,7	3330	0,7	-244
		27/01/2022		2,56	6,99	11,5	3210	0,28	-140
		13/07/2022		3,18	6,91	13,5	2520	0,44	-46

Naam	Plaatsings- datum	Staalname- datum	Filterstelling (m-mv)	Grondwater (m-mv)	pH	T (°C)	Ec (µS/cm)	O2 (mg/l)	Eh (mV)
P7601	30/09/2019	08/10/2019	2,50 - 3,50	1,23	6,84	15,4	2080	0,15	-37
P7603	27/09/2019	09/10/2019	2,50 - 3,50	1,78	7,03	13,7	1580	0,36	10
P7604	25/09/2019	09/10/2019	2,50 - 3,50	1,61	7,03	12,5	1710	0,44	-20
		26/01/2021		0,99	7,09	10,6	1470	11,38	-159
P7605	25/09/2019	09/10/2019	2,50 - 3,50	1,70	6,74	12,3	2130	0,34	-35
		02/02/2021		1,23	6,89	9,8	1710	0,2	-123
P7606	09/09/2019	08/10/2019	2,50 - 3,50	1,38	6,89	15,4	2510	0,17	-45
P7607	09/09/2019	08/10/2019	2,50 - 3,50	1,54	6,98	15,8	2650	0,14	-164
P7608	24/09/2019	14/10/2019	2,50 - 3,50	2,18	6,8	15,4	2630	0,39	-183
		26/01/2021		1,48	-	-	-	-	-
		08/02/2021		1,74	7,15	8,6	2800	0,06	-218
P7609	24/09/2019	14/10/2019	2,50 - 3,50	2,08	6,67	14,6	3680	0,46	-196
		26/01/2021		1,52	-	-	-	-	-
		08/02/2021		1,33	6,78	9,6	3900	0,63	302
		27/01/2022		2,13	6,85	10,6	3510	0,19	-196
P7610	24/09/2019	14/10/2019	2,50 - 3,50	2,18	6,85	15,9	3810	0,59	-157
		13/07/2022		2,74	6,84	4,4	2750	0,51	-79
P7611	24/09/2019	14/10/2019	2,50 - 3,50	2,17	6,8	14,5	5120	0,66	-325
		26/01/2021		1,53	-	-	-	-	-
		08/02/2021		1,42	6,9	10,4	5700	0,66	528
ZONE 1									
P7502	19/08/2019	08/10/2019	6,50-7,20	1,92	7,46	13,8	1650	0,07	-159
P8101	14/01/2020	20/01/2020	3,00 - 4,00	1,44	6,06	9,2	814	0,71	23
		10/03/2020		1,80	7,28	10,3	1590	3,11	94
		25/01/2021		-	7,55	9,7	1790	0,17	260
		18/06/2021		1,44	7,3	13,6	2310	0,11	-167
		27/07/2021		1,82	7,41	14,4	2320	0,17	62
		29/10/2021		1,51	5,08	13,1	258	0,12	-62
		08/09/2021		2,33	7,28	19,4	1380	0,21	19
P8102	13/01/2020	20/01/2020	3,00 - 4,00	1,65	6,47	9,1	740	1,26	52
		09/02/2022		1,77	7,39	10,2	2470	0,31	-103
		13/07/2022		2,24	7,32	15,8	2160	0,11	-108
P8102	13/01/2020	25/07/2022		1,66	7,3	18,2	2190	-0,09	-192

Naam	Plaatsings- datum	Staalname- datum	Filterstelling (m-mv)	Grondwater (m-mv)	pH	T (°C)	Ec (µS/cm)	O2 (mg/l)	Eh (mV)
		10/03/2020		1,35	7,76	10,8	1100	2,12	76
		25/01/2021		1,38	7,56	10,3	1110	0,52	191
		27/07/2021		1,79	6,93	14,2	1890	0,63	137
		10/02/2022		1,57	6,99	9,8	1950	0,39	-109
		13/07/2022		2,11	7,05	14,8	1790	0,09	-132
P8103	13/01/2020	20/01/2020	3,00 - 4,00	1,51	6,53	9,3	790	0,98	29
		10/03/2020		1,20	7,39	11,9	2040	0,1	-206
		25/01/2021		1,22	7,33	10,6	2300	1,32	236
		27/07/2021		1,80	7,3	15,2	2850	0,28	163
		10/02/2022		1,59	7,2	11,1	2980	0,43	-115
		13/07/2022		2,43	7,35	15,2	2630	0,06	-209
P8104	10/01/2020	22/01/2020	3,00 - 4,00	1,48	7,02	9,4	1960	1,33	-19
		11/03/2020		1,22	7,11	10,2	2320	0,25	-80
		25/01/2021		1,16	6,79	11,2	2310	0,11	142
		18/06/2021		1,36	6,78	13,7	3550	0,53	-132
		27/07/2021		1,76	6,94	15,7	3090	0,06	154
		08/09/2021		1,90	7,05	19,3	2460	0,14	121
		29/10/2021		1,46	4,83	13,6	325	0,14	-93
		10/02/2022		1,74	6,94	9,6	3400	0,55	-130
		14/07/2022		2,41	7,11	15,2	2530	0,14	-42
		25/07/2022		1,90	6,87	17,2	3350	-0,04	-129
P8105	10/01/2020	22/01/2020	3,00 - 4,00	1,48	6,89	7,9	1730	1,87	-1
		11/03/2020		1,26	7,15	11	2110	0,16	-71
		25/01/2021		1,20	7,08	11,2	2040	0,15	-129
		27/07/2021		1,85	7,09	17	2990	0,17	149
		09/02/2022		1,80	7,24	9,9	2430	0,42	-182
		14/07/2022		2,43	7,02	14,4	2440	0,1	-93
P8106	14/01/2020	23/01/2020	3,00 - 4,00	1,13	7,57	11,1	1450	0,33	-96
		10/03/2020		1,10	7,16	10,9	1520	0,6	74
		25/01/2021		1,18	7,84	10,6	1160	0,27	270
		18/06/2021		1,41	7,12	13,7	1860	0,26	-199
		27/07/2021		1,84	7,17	14,8	1770	-0,03	282
		08/09/2021		1,93	7,16	18,9	1730	0,13	72

Naam	Plaatsings- datum	Staalname- datum	Filterstelling (m-mv)	Grondwater (m-mv)	pH	T (°C)	Ec (µS/cm)	O2 (mg/l)	Eh (mV)
		29/10/2021		1,38	5,31	13,5	180	0,15	-94
		09/02/2022		1,27	7,17	10,7	1740	0,15	-180
		13/07/2022		2,19	7,13	15,2	1580	0,12	-138
		25/07/2022		1,71	7,18	17,8	1610	-0,7	-209
P8107	13/01/2020	23/01/2020	3,00 - 4,00	1,29	7,44	11,8	1400	0,32	-37
		10/03/2020		1,28	7,12	10,9	1330	0,28	26
		25/01/2021		1,32	7,16	10,4	1230	0,06	208
		27/07/2021		1,94	7,02	14,6	1710	0,3	125
		10/02/2022		1,35	7,09	10,3	1880	0,34	-110
		13/07/2022		2,21	6,61	15,8	1530	0,48	-88
P8108	10/01/2020	23/01/2020	3,00 - 4,00	1,13	7,48	10,5	1860	0,89	-25
		11/03/2020		1,20	7,41	10,2	1470	0,6	-37
		25/01/2021		1,20	7,39	11,1	1640	0,19	-170
		27/07/2021		1,82	7,49	15,5	1540	0,21	35
		10/02/2022		1,68	7,3	10,1	1430	4,87	-55
		13/07/2022		2,39	7,22	17,2	1430	0,11	-149
P8109	09/01/2020	22/01/2020	3,00 - 4,00	1,24	6,99	9,9	1980	1,42	-23
		11/03/2020		1,10	7,27	10,7	1770	3,8	-70
		25/01/2021		1,08	-	-	-	-	-
		27/07/2021		1,73	-	-	-	-	-
		29/10/2021		1,43	-	-	-	-	-
		08/09/2021		2,21	-	-	-	-	-
		09/02/2022		1,67	7,07	11,1	2350	0,45	-135
		14/07/2022		2,36	-	-	-	-	-
P8110	09/01/2020	22/01/2020	3,00 - 4,00	1,14	6,13	8,3	990	0,96	-33
		11/03/2020		1,10	7,02	12,3	1080	0,88	-7
		25/01/2021		1,11	7,36	11,1	1150	0,22	165
		27/01/2022		1,54	7,02	10,3	1430	0,41	104
		14/07/2022		2,34	7,11	15	1430	0,21	-78
P8201	14/01/2020	20/01/2020	6,00 - 7,00	1,40	5,83	10,8	1470	0,46	-42
		10/03/2020		1,20	6,64	10,6	1930	0,66	66
		25/01/2021		1,32	6,65	11,5	1940	0,14	-228
		23/07/2021		1,92	6,88	15,7	1670	0,05	-219

Naam	Plaatsings- datum	Staalname- datum	Filterstelling (m-mv)	Grondwater (m-mv)	pH	T (°C)	Ec (µS/cm)	O2 (mg/l)	Eh (mV)
		09/02/2022		1,39	6,87	10	2180	0,29	-169
		13/07/2022		2,28	6,9	14,3	1830	0,11	-70
P8202	13/01/2020	20/01/2020	6,00 - 7,00	1,52	6,58	10,7	1370	0,76	-15
		10/03/2020		1,58	7,03	11,5	1230	0,36	44
		25/01/2021		1,64	6,88	11,3	1290	0,58	-218
		23/07/2021		1,90	7,09	14,7	1240	0,07	-214
		09/02/2022		1,66	7,01	11,8	1740	0,25	-141
		13/07/2022		2,26	6,98	14,8	1600	0,11	-87
P8203	13/01/2020	20/01/2020	6,00 - 7,00	1,45	6,49	0,82	1310	0,82	-21
		10/03/2020		1,68	7,06	11,9	2070	0,07	-293
		25/01/2021		1,70	6,87	11,9	1860	0,13	-261
		23/07/2021		2,33	7,21	15,1	2310	0,02	-305
		10/02/2022		1,84	7,06	11,7	2610	0,09	-331
		13/07/2022		0,24	7,11	15	2210	0,06	-211
P8204	10/01/2020	23/01/2020	6,00 - 7,00	1,70	7,43	11	3380	0,7	-106
		11/03/2020		1,74	7,02	11,6	3020	0,14	-83
		25/01/2021		1,16	6,95	12,8	3410	-0,02	-267
		23/07/2021		2,24	7	15,7	2450	0,06	-198
		10/02/2022		2,34	6,87	10,6	4440	0,31	-243
		14/07/2022		2,38	-	-	-	-	-
P8205	10/01/2020	22/01/2020	6,00 - 7,00	1,94	6,76	8,1	1820	1,42	-9
		11/03/2020		1,70	7,09	11,7	3150	0,21	-57
		25/01/2021		1,70	7,04	11	3100	0,04	-253
		23/07/2021		2,22	7,13	14,4	2430	0,67	-123
		09/02/2022		2,27	6,93	10,3	4330	0,35	-168
		14/07/2022		2,45	7,08	15,4	3430	0,13	-95
P8206	14/01/2020	23/01/2020	6,00 - 7,00	1,18	7,38	11,5	1730	0,72	-103
		10/03/2020		1,20	7,16	11,4	1440	2,03	60
		25/01/2021		1,23	6,84	11,2	1400	0,2	-233
		23/07/2021		1,83	6,82	15,6	1730	0,01	334
		09/02/2022		1,37	6,92	11,8	1930	0,14	-212
		13/07/2022		2,35	6,94	14,8	1900	0,06	-127
P8207	13/01/2020	23/01/2020	6,00 - 7,00	1,60	7,43	12,4	1810	0,36	-245

Naam	Plaatsings- datum	Staalname- datum	Filterstelling (m-mv)	Grondwater (m-mv)	pH	T (°C)	Ec (µS/cm)	O2 (mg/l)	Eh (mV)
		10/03/2020		1,45	7,18	11,8	1330	0,06	-293
		25/01/2021		1,50	7,09	11,3	1190	0,12	315
		23/07/2021		2,10	7,02	17,3	1470	0,01	374
		10/02/2022		1,60	7,07	10,9	1730	9	287
		13/07/2022		2,11	-	-	-	-	-
P8208	10/01/2020	23/01/2020	6,00 - 7,00	1,72	7,27	11,4	2030	0,84	-91
		11/03/2020		1,65	6,93	11,5	1710	0,12	-70
		25/01/2021		1,05	6,73	9,8	1850	0,41	136
		23/07/2021		1,37	6,73	14,4	2180	0,07	214
		10/02/2022		2,56	6,79	10,7	2310	0,66	-124
		13/07/2022		2,37	6,94	15,7	2030	0,12	-98
P8209	09/01/2020	22/01/2020	6,00 - 7,00	1,70	6,94	10,3	1890	1,52	-24
		11/03/2020		1,60	7,18	11,5	2650	0,07	-107
		25/01/2021		1,62	7,02	12,3	2640	0,06	143
		23/07/2021		2,02	7,02	16,5	3520	0,09	240
		9/02/2022		2,04	7,14	12,6	3640	0,08	-120
		14/07/2022		2,34	7,35	15,3	3000	0,15	-84
P8210	09/01/2020	22/01/2020	6,50 - 7,50	1,69	6,81	8,2	1930	1,56	-6
		11/03/2020		1,62	7,11	12,2	2320	0,13	-66
		25/01/2021		1,48	6,9	12,7	2090	0,15	-117
		27/01/2022		2,09	7,14	10,3	2310	0,38	149
		14/07/2022		2,24	7,11	14,9	2300	0,12	-94
P910	n.b.	03/12/2019	1,00 - 3,00	-	6,82	10,6	2230	1,44	-144
P911	n.b.	03/12/2019	6,00 - 7,00	1,06	6,81	10,3	3250	0,82	-265
P912	n.b.	03/12/2019	1,00 - 3,00	0,23	7,07	7,7	2260	0,69	-89
P913	n.b.	03/12/2019	1,00 - 3,00	0,31	7,32	9,5	2880	1,65	-159
P914	n.b.	03/12/2019	7,00 - 8,00	0,79	6,83	10,4	5500	12,57	-122
P5008A	n.b.	03/12/2019	n.b.	1,32	6,87	11,5	1720	0,57	-121
P5008B	17/12/2014	03/12/2019	9,00 - 11,00	3,09	7,17	9,3	2210	0,5	-125
ZONE 4									
P7301	28/08/2019	10/10/2019	5,50 - 6,50	1,66	7,04	15,6	4470	0,61	-84
		26/01/2021		1,74	8,3	8,7	2960	12,2	-151
		23/07/2021		2,24	7,22	15,2	2530	0,01	-354

Naam	Plaatsings- datum	Staalname- datum	Filterstelling (m-mv)	Grondwater (m-mv)	pH	T (°C)	Ec (µS/cm)	O2 (mg/l)	Eh (mV)
		27/01/2022		2,31	7,58	10,7	5010	0,11	317
		14/07/2022		2,39	-	-	-	-	-
P7302	30/08/2019	14/10/2019	5,50 - 6,50	1,72	7,53	14,9	5980	0,9	-225
		26/01/2021		1,88	-	-	-	-	-
		08/02/2021		1,98	7,8	8,3	6010	0,17	-323
		23/07/2021		2,28	7,51	15,8	7790	0,02	-369
		27/01/2022		2,34	7,6	11,1	7430	0,03	-311
		14/07/2022		2,45	-	-	-	-	-
P7303	28/08/2019	10/10/2019	5,50 - 6,50	1,69	7,65	14,7	4890	0,33	-123
		26/01/2021		1,18	7,41	11,1	3290	11,69	-161
		23/07/2021		2,22	7,12	17	4470	0,22	205
		27/01/2022		2,31	7,5	10,4	4770	0,2	209
		14/07/2022		2,52	7,3	15,8	3980	0,09	-161
P7304A	04/09/2019	10/10/2019	5,50 - 6,50	1,88	7,61	14,5	39300	0,26	-346
		26/01/2021		1,8	-	-	-	-	-
		08/02/2021		2,01	7,87	9,2	18550	0,05	-363
		23/07/2021		2,34	7,54	16	20000	31	385
		27/01/2022		2,40	8,04	10,8	2 ^e 7	0,07	379
		14/07/2022		2,45	7,76	14,7	14300	0,59	-170
P7401	27/08/2019	10/10/2019	9,50 - 10,50	1,61	7,37	16	8280	0,61	-67
		26/01/2021		1,79	-	-	-	-	-
		08/02/2021		1,95	7,26	10,6	11770	0,69	290
		23/07/2021		2,29	7,35	15,5	11600	0,02	321
		27/01/2022		2,35	7,48	11,5	11280	0,11	315
		14/07/2022		2,41	7,5	14	8110	0,09	-96
P7402	29/08/2019	10/10/2019	9,50 - 10,50	1,88	7,14	15,3	28000	0,35	-106
		26/01/2021		1,92	-	-	-	-	-
		08/02/2021		0,16	7,14	1,3	20000	59	359
		23/07/2021		2,56	6,94	17	20000	0,03	371
		14/07/2022		2,47	-	-	-	-	-
P7510	20/08/2019	10/10/2019	5,50 - 6,50	1,84	6,48	14,2	16000	0,15	-380
		02/02/2021		-	6,89	12,2	6220	0,15	-330
		23/07/2021		2,88	7,09	15,9	13690	0,08	-358

Naam	Plaatsings- datum	Staalname- datum	Filterstelling (m-mv)	Grondwater (m-mv)	pH	T (°C)	Ec (µS/cm)	O2 (mg/l)	Eh (mV)
		27/01/2022		2,94	7,06	10,8	12340	0,08	-350
		14/07/2022		2,78	7,25	13,9	7490	0,09	-264
P7511	19/08/2019	10/10/2019	10,00 -12,00	1,80	6,62	14,2	4640	0,31	-96
		02/02/2021		2,54	6,98	11,3	2300	0,28	127
		23/07/2021		2,64	7,05	15,2	4630	0,06	-249
		27/01/2022		2,37	6,91	10,6	3110	0,48	-79
		14/07/2022		2,67	7,2	15	3560	0,14	-175
REFERENTIEZONE 4									
P7503	20/09/2019	10/10/2019	5,50 - 6,50	1,82	8,6	13,7	2580	0,29	-320
		26/01/2021		1,3	7,49	8,9	1650	13	-213
		27/01/2022		2,55	7,35	11,2	2830	0,7	-298
		13/07/2022		-	7,59	15,5	1920	0,11	-165
P7504	20/09/2019	09/10/2019	9,50 - 10,50	1,79	7,27	14	14100	0,2	-346
		26/01/2021		-	7,26	4,3	2	12,95	-89
		27/01/2022		2,76	7,16	10,9	8700	0,09	335
		13/07/2022		2,9	-	-	-	-	-

4.2 Laboratoriumonderzoek en analyses

De staalnameprocedure wordt beschreven in bijlage III.3.

Volgende tabel geeft een overzicht van de geselecteerd(e) sta(a)l(en) en de voorziene analyses.

Tabel 4.5 Overzicht staalname en analyseparameters

Zone	Profiel	Medium (1)	Analyse
Zone 1	7501 en 7502, Reeks 8000	VDA	Zware metalen, klei, organische stof, pH, minerale olie, BTEX, PAK, cyaniden en naftaleen
		GW	Zware metalen, nitraat, chloride, naftaleen, stikstof, methaan, hardheid, minerale olie, PAK, BTEX, cyanide, fenolindex, chloorfenolen
Referentie-zone 1	Reeks 7200, 7505-7508, 7600	VDA	Zware metalen, klei, organische stof, pH, minerale olie, BTEX, PAK, cyaniden en naftaleen
		GW	Zware metalen, nitraat, chloride, naftaleen, stikstof, methaan, hardheid, minerale olie, PAK, BTEX, cyanide, fenolindex, chloorfenolen
Zone 4	Reeks 5000, 6000, 7300, 7400, 7509-7511	VDA	Zware metalen, klei, organische stof, pH, minerale olie, BTEX, PAK, cyaniden en naftaleen

Zone	Profiel	Medium (1)	Analyse
Referentiezone 4	7503 en 7504	GW	Zware metalen, nitraat, chloride, naftaleen, stikstof, methaan, hardheid, minerale olie, PAK, BTEX, cyanide, fenolindex, chloorfenolen
		VDA	Zware metalen, klei, organische stof, pH, minerale olie, BTEX, PAK, cyaniden en naftaleen
		GW	Zware metalen, nitraat, chloride, naftaleen, stikstof, methaan, hardheid, minerale olie, PAK, BTEX, cyanide, fenolindex, chloorfenolen

1 Medium: vaste deel van de aarde (VDA), grondwater (GW), drijflaag (LNAPL), zinklaag (DNAPL), oppervlaktewater (OppW), waterbodem (WB), lucht, puur product (NAPL)

De analyses werden uitgevoerd door het laboratorium Eurofins Analytico BV (erkend door de OVAM) gelegen in de Gildeweg 44-46 te 3770 Barneveld (Nederland). De gebruikte analysemethoden worden vermeld op de analysecertificaten in bijlage III.5. De data waarop de stalen naar het labo verzonden werden en wanneer de analyses werden afgerond, zijn opgenomen in de analysecertificaten in bijlage III.5. Op enkele certificaten werden opmerkingen gemaakt in verband met de rapportage grens die te hoog was bij de CMA-methode. Bijgevolg werd er soms de NEN-methode gebruikt voor analyses omdat deze meer verdunningsreeksen toelaten.

Opmerkingen certificaten, NEN vermelden, NEN 13 en 14 juli, 25 juli was sgs, boringen zijdelings is NEN maar erna CMA

Isodetect:

9/02 & 10/02: 8101 tem 8109

13/07 & 14/07: 8101 tem 8109

Uhasselt:

9/02 & 10/02: 8101 tem 8109

8201 tem 8209

13/07 & 14/07: 8101 tem 8108

8201 tem 8208

Sgs:

13/07: 8102, 8104, 8201

25/07: 8101, 8104, 8106

4.3 Weergave van de analyseresultaten

4.3.1 Referentiewaarden

Op 29 oktober 1995 ging het decreet van de Vlaamse regering van 22 februari 1995 betreffende de bodemsanering van kracht (B.S. 29/4/1995 en wijzigingen). Dit decreet werd door de Vlaamse regering opgeheven. Het Decreet betreffende de bodemsanering en de bodembescherming van 27 oktober 2006 (B.S. 22/01/2007, en wijzigingen) trad in werking op 01/06/2008. In het decreet wordt een onderscheid gemaakt tussen streefwaarden, richtwaarden en bodemsaneringsnormen.

In het uitvoeringsbesluit (Besluit van de Vlaamse regering van 14 december 2007 houdende vaststelling van het Vlaams reglement betreffende de bodemsanering en de bodembescherming (VLAREBO: B.S. 22 april 2008, en wijzigingen) werden normen vastgelegd voor de streefwaarden, de richtwaarden en de saneringswaarden van verontreinigende stoffen in de bodem en het grondwater.

Streefwaarden beantwoorden aan het gehalte van verontreinigde stoffen in de bodem of grondwater dat als normale achtergrond in niet-verontreinigde bodems met vergelijkbare bodemkenmerken wordt teruggevonden.

Richtwaarden beantwoorden aan het niveau van verontreiniging waaronder de bodem al zijn functies kan vervullen zonder dat enige beperking moet worden opgelegd.

Bodemsaneringsnormen beantwoorden aan een niveau van verontreiniging, waarbij ernstige nadelige gevolgen kunnen optreden voor mens en milieu. Er is sprake van een ernstige verontreiniging als deze bodemsaneringsnormen worden overschreden.

Tevens wordt er in het voorstel onderscheid gemaakt tussen verschillende bestemmingstypes (I: bosgebied, II: agrarisch gebied, III: woongebied, IV: recreatiegebied en V: industriegebied). Terreinen gelegen in waterwingebieden en beschermingszones type I, II en III worden volledig ingedeeld in bestemmingstype I.

Verder dient voor de beoordeling van een eventuele verontreiniging rekening gehouden te worden met het tijdstip van het tot stand komen van de verontreiniging. Hiervoor wordt een onderscheid gemaakt tussen historische, nieuwe en gemengde verontreiniging.

Historische bodemverontreiniging is verontreiniging tot stand gekomen vóór 29/10/1995.

Nieuwe bodemverontreiniging is verontreiniging tot stand gekomen na 28/10/1995.

Gemengde bodemverontreiniging is verontreiniging die gedeeltelijk vóór en gedeeltelijk na de inwerkingtreding van het decreet tot stand gekomen is, voor zover de twee soorten bodemverontreiniging niet kunnen worden onderscheiden.

4.3.2 Analyseresultaten bodem- en grondwaterstalen

De analyseresultaten van de bodem- en grondwaterstalen kan men terugvinden in de volgende tabellen.

Steeds wordt een vergelijking gemaakt van de gemeten concentraties met de bodemsaneringsnormen, de richtwaarden en de streefwaarden. Deze worden voor de bodemstalen berekend in functie van de pH en het gehalte aan klei en organisch materiaal. De gehanteerde pH en gehalten aan klei en organisch materiaal worden voor elke boring vermeld. Indien de gehanteerde waarden overgenomen werden van een andere boring of berekend werden a.d.h.v. gemiddelde waarden, werd dit aangegeven door een '#'. De gemiddelde waarden voor pH en organische stof- en kleigehalte worden weergegeven in volgende tabel:

Tabel 4.6 Overzicht van de gemiddelde waarden voor gehalte aan klei, organische stof en pH per zone

Zone	OM (%)	Klei (%)	pH
Zone 1	71,6	11,36	7,8
Referentiezone 1	60,9	13,3	7,4
Zone 4	76,4	10,0	7,4
Referentiezone 4	75,4	11,1	7,9

Als het gehalte aan klei lager is dan 2 %, dan wordt gerekend met een verondersteld gehalte van 2 %. Is het gehalte hoger dan 50 %, dan wordt gerekend met een verondersteld gehalte van 50 %.

Als het gehalte aan organisch materiaal lager dan 1 % is, dan wordt gerekend met een verondersteld gehalte van 1 %. Is het gehalte hoger dan 10 %, dan wordt gerekend met een verondersteld gehalte van 10 %.

Als de pH-KCl lager is dan 4 dan wordt gerekend met een veronderstelde pH-KCl van 4, is de pH-KCl hoger dan 7, dan wordt gerekend met een verondersteld gehalte van pH-KCl van 7.

De bodemsaneringsnormen zijn eveneens afhankelijk van de bestemming van de onderzoekslocatie, nl. bestemmingstype V; industriegebied.

Indien de onderzoekslocatie in een waterwingebied of beschermingszone type I, II of III gelegen is, afgebakend conform het besluit van de Vlaamse Regering van 27 maart 1985 houdende reglementering en vergunning voor het gebruik van grondwater en de afbakening van waterwingebieden en beschermingszones, wordt die volledig in de bestemmingstype I ingedeeld.

Waarden die duidelijk de Vlaamse streefwaarden overschrijden, maar niet de saneringsnorm worden *cursief* weergegeven. Concentraties die de richtwaarde overschrijden worden onderstreept. Concentraties die de Vlaamse bodemsaneringsnormen voor het welbepaalde bestemmingstype overschrijden worden weergegeven in **vet**.

5

EVALUATIE VERZAMELDE GEGEVENS NULSITUATIE

In de volgende paragrafen worden de veldwaarnemingen en analysesresultaten per zone toegelicht.

5.1 Zone 1

5.1.1 OIP

In deze zone zijn geen OIP-sonderingen uitgevoerd.

5.1.2 Boringen

De bovenste 1-1,5 meter is zeer sterk steenhoudend. Daaronder, tot ca. 3 m-mv bevindt zich een lemiger laag, die onderaan tussen 3-3,5 m vaak wordt afgesloten met een kleiiger laag, rijk aan organisch materiaal. Daaronder heeft de bodem een zandiger textuur, met tussen ca. 5-6 m-mv terug een veenlaag. Daaronder is de textuur terug zandig.

5.1.3 Analyses vaste deel van de bodem

Voor zware metalen worden er in het vaste deel van de bodem geen bodemsaneringsnormen overschreden. Ter hoogte van 8307 en 7502 worden de richtwaarden voor koper en lood overschreden.

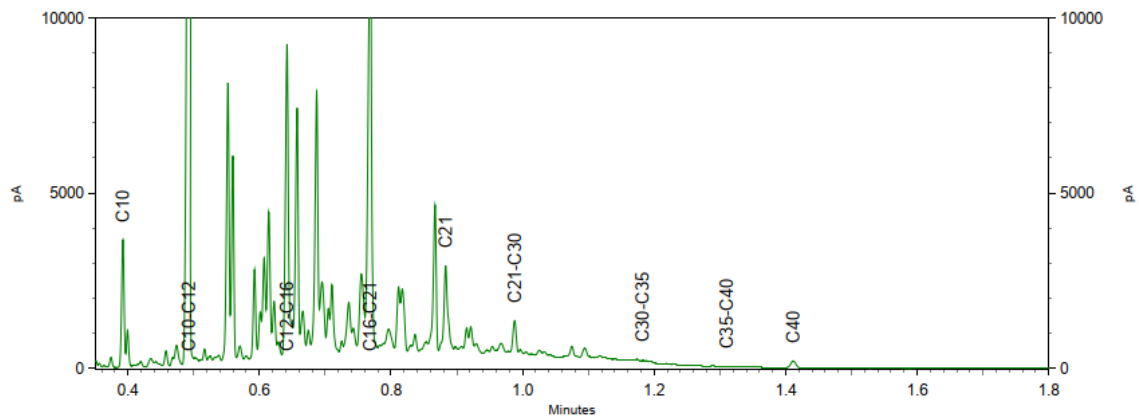
De bodemsaneringsnorm voor cyaniden wordt niet overschreden. Ter hoogte van 8307 wordt de richtwaarden voor niet-chlooroxydeerbare cyanide overschreden.

In tegenstelling tot zone 4, centraal op het terrein wordt er nauwelijks benzeen aangetroffen.

De verhoogde concentraties minerale olie lijken niet gekoppeld aan zware metalen of cyaniden. De concentraties minerale olie, BTEX en PAK lijken wel gecorreleerd. Deze correlatie is zeer sterk in de verzadigde zone en minder in de onverzadigde zone. In het kader van de toekomstige grondwatermonitoring zijn vooral de correlaties in de verzadigde zone van belang. Uit de chromatogrammen van minerale olie blijkt ook dat er voornamelijk PAK's worden aangetroffen. Er worden ter hoogte van zone 1 echter nog langere ketenlengtes aangetroffen. (zie figuren hieronder).

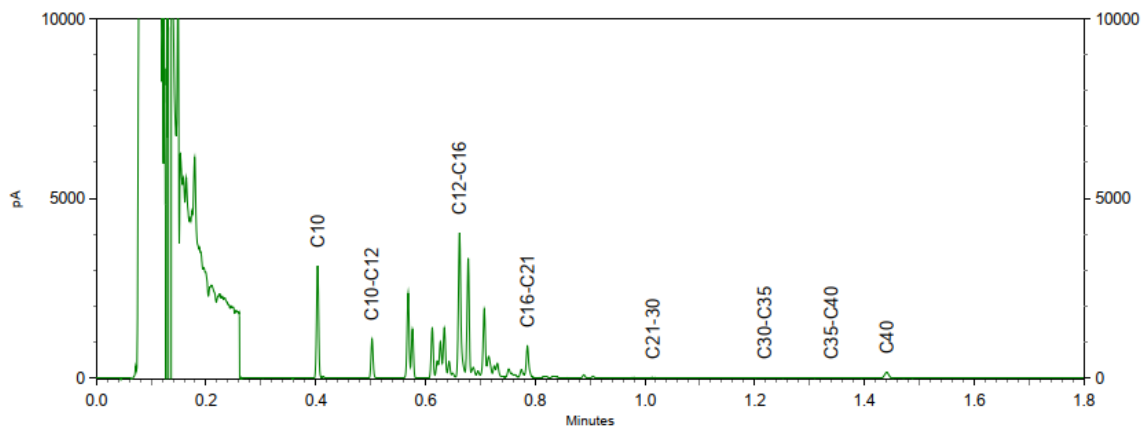
Sample description.: B8306 (345-360)

V



Sample description.: B7509 (850-900)

V



Correlatie totaal			
Corr.	MO	BTEX	PAK
MO	1	0,81	0,84
BTEX	0,81	1	0,72
PAK	0,84	0,72	1

Correlatie onverzadigd			
Corr.	MO	BTEX	PAK
MO	1	0,57	0,60
BTEX	0,57	1	0,24
PAK	0,60	0,24	1

Correlatie verzadigd			
Corr.	MO	BTEX	PAK
MO	1	0,97	0,97
BTEX	0,97	1	0,95
PAK	0,97	0,95	1

In een aantal boringen worden de hoogste concentraties aangetroffen rond de 4 m-mv, in de zandige laag onder de leemlaag (8301, 8302, 8306). Deze bevinden zich in de westelijke zijde van pilootzone 1.

In de noordelijke reeks boringen worden boven de leemlaag, op een niveau van ca. 1,5-2 m-mv de hoogste concentraties aangetroffen. In de zuidelijk reeks boringen liggen deze concentraties op dit niveau veel lager of zijn deze niet verhoogd. Mogelijks is de ondiepe bodem (deels) ontgraven ter hoogte van de zuidelijke reeks boringen.

5.1.4 Analyses grondwater

De bodemsaneringsnorm voor minerale olie wordt quasi in alle peilbuizen overschreden, behalve in 8110 en 8210. De concentraties voor minerale olie bevinden zich grosso modo in dezelfde grootte-orde in alle filters.

Voor benzeen worden algemeen relatief beperkte overschrijdingen van de bodemsaneringsnorm aangetroffen.

Voor de zware metalen worden hier en daar overschrijdingen van de bodemsaneringsnorm voor arseen aangetroffen, wat mogelijks te wijten is aan het organisch materiaal en een relatief lage redoxtoestand. De bodemsaneringsnorm van cadmium wordt sporadisch overschreden.

Voor cyaniden worden algemeen relatief beperkte overschrijdingen van de bodemsaneringsnorm aangetroffen. Het betreft bijna uitsluitend niet-chlooroxydeerbare cyanide, geen vrij cyanide.

Een tweede verschil wordt opgemerkt in de concentraties voor naftaleen, afhankelijk van de gebruikte analysemethode :

- Methode BTEXN : W0254, HS-GC-MS, CMA/3/E
- Methode PAK's : W0260, GC-MS

De concentratie aan PAK's kunnen meerdere grootte-orde verschillen naargelang de gebruikte analysemethode. Dit wordt verder toegelicht in hoofdstuk 6.

5.1.5 Minerale olie en PAK's

De verhoogde concentraties minerale olie lijken niet gekoppeld aan zware metalen of cyaniden. Benzeen vertoont evenmin een correlatie met minerale olie, TEX vertonen een zwakke correlatie, maar worden algemeen niet in sterk verhoogde concentraties aangetroffen. De concentraties minerale olie zijn wel gekoppeld aan PAK-concentraties. Uit de chromatogrammen blijkt ook dat er voornamelijk PAK's worden aangetroffen.

5.2 Referentiezone 1

5.2.1 OIP

In de bovenste meters van de sonderingen wordt verontreiniging aangetroffen, maar de respons en de diepte vertonen geen regelmaat. De verontreiniging komt in alle sonderingen voor tussen 5 en 7 m-mv. Uitzondering hierop is 7023G waar er ook tussen 3 en 4.5 m-mv een sterke aanwezigheid is van verontreiniging. Punt 7032G vertoont een zware verontreiniging tussen 1.5 en 7.2 m-mv. Er werd opgemerkt dat bij het bovenhalen, de stangen en sonde besmeurd waren met teer voor punt 7032G. Dit heeft als gevolg dat het daaropvolgende punt (7031G) een hoger respons vertoont gedurende de eerste 3 meter dan misschien normaal aanwezig is.

5.2.2 Boringen

Ter hoogte van deze zone zijn slechts 2 boringen uitgevoerd met het oog op gedetailleerde bodembeschrijving en gedetailleerde staalname (7505 en 7506). Ter hoogte van de locaties 7507 en 7508 zijn verschillende pogingen uitgevoerd, maar deze zijn gestaakt.

De bodemopbouw is zeer vergelijkbaar met deze van zone 1.

5.2.3 Analyses vaste deel van de bodem

In het vaste deel van de bodem is op basis van de analyses ter hoogte van 7505 en 7506 geen relevante verontreiniging aangetroffen.

5.2.4 Analyses grondwater

De enige relevante verontreiniging ter hoogte van deze zone bevindt zich aan de oostelijke zijde (7208, 7608, 7209, 7609, 7611).

Vergelijking verontreinigingstoestand met deze uit zone 1 :

- Minerale olie in hoofdzaak opgebouwd uit PAK's, maar uit de chromatogrammen blijkt dat het kortere ketens betreft, vergelijkbaar met deze uit zone 4.
- Benzeen : in deze hoekzone worden relatief hoge benzeenconcentraties aangetroffen, vergelijkbaar met deze uit zone 4. In zone 1 wordt echter geen benzeen aangetroffen.
- Zoals in Zone 1 worden geen significante concentraties aan zware metalen en aangetroffen, uitgezonderd een relatief lichte verhoging voor arseen.
- Cyaniden worden in dezelfde grootte-orde aangetroffen als in zone 1, en onder dezelfde vorm.

5.3 Zone 2

5.3.1 OIP

In deze zone zijn gene OIP-sonderingen uitgevoerd.

5.3.2 Boringen

Ter hoogte van deze zone zijn in de oever 15 ondiepe boringen uitgevoerd, met een tussenstand van ca. 7 meter.

Omdat de boringen schuin tov de oeverwand zijn uitgevoerd, zijn de aangegeven dieptes in werkelijkheid kleiner, dan wanneer loodrecht op de oever zou gemeten zijn.

Algemeen is het bovenste gedeelte van de oever is eerder zandiger van textuur en rijk aan organisch materiaal. Daaronder bevindt zich een lemiger textuur.

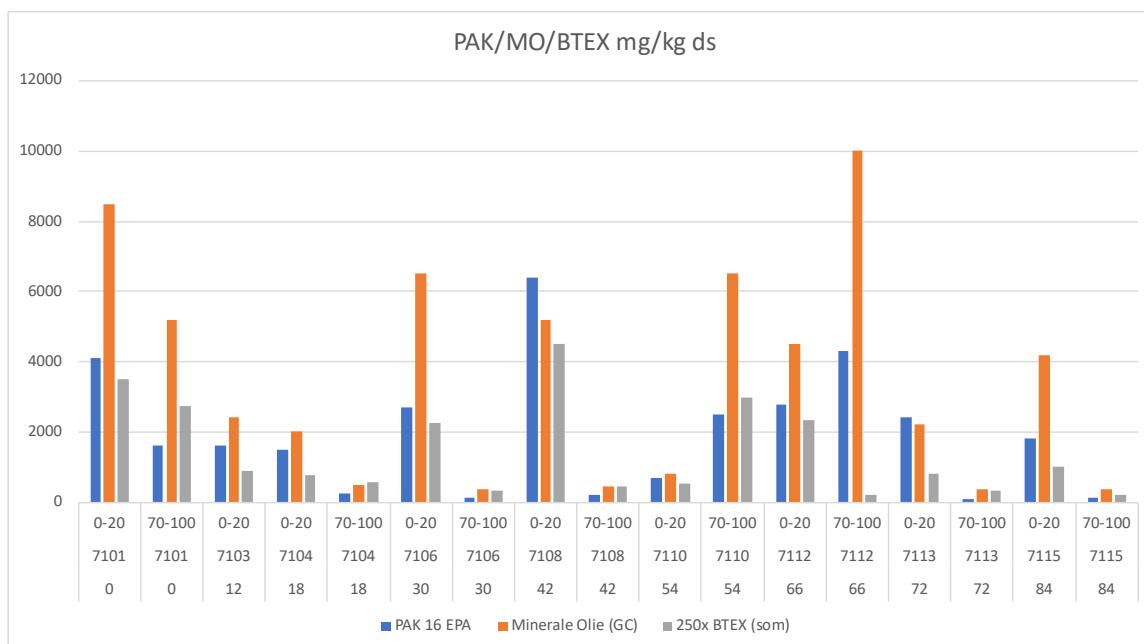
5.3.3 Analyses vaste deel van de bodem

Het vaste deel van de bodem is geanalyseerd op minerale olie, BTEX en PAK's.

Algemeen worden in de bovenste laag hogere concentraties aangetroffen dan in de lemiger laag eronder, maar niet altijd (7110 en 7112)

Op basis van de chromatogrammen bestaat de minerale olie niet hoofdzakelijk uit PAK's zoals bij de andere pilotzones, maar eerder uit langere ketens van minerale olie. Deze zijn minder mobiel en minder oplosbaar in water.

Er is een duidelijke correlatie tussen de concentratie minerale olie/PAK's en BTEX. Dit blijkt ook uit de figuur hieronder. De BTEX bestaan ook hier in hoofdzaak uit benzeen, en in mindere mate toluen. (uitgezonderd thv 7101, xylenen)



Er kan waargenomen worden dat de concentraties niet homogeen verspreid zijn over de oever.

5.4 Zone 3 (De Lieve)

Er kan worden besloten dat er een duidelijke aanwijzing is van een ernstige bodemverontreiniging. Deze hopen krijgen daarom een code 999. Voor de toetsing, zie bijlage III.7.

Omdat de huidige concentraties van de baggerspecie niet voldoen voor een gebruik volgens het VLAREBO kan er momenteel geen gebruik worden gemaakt van tijdelijke oeverdeponie. Het baggerspecie kan enkel mits omgevingsvergunning worden gestockeerd op de oever.

5.5 Zone 4 + referentie

Deze zone bevindt zich centraal op het terrein en is ontgraven tot 4 m-mv. Het huidige maaiveld bevindt zich hoger dan het maaiveldniveau voor de sanering.

5.5.1 OIP

Op basis van de OIP's kan gesteld worden dat de ontgraving is uitgevoerd tot ca. 5 meter onder het huidige maaiveld. Vanaf ca. 5 m-mv wordt sterk verhoogde concentraties aangetroffen in alle 8 de uitgevoerde OIP's. Deze verontreinigde laag is ca. 1 tot 2,5 meter dik.

Dieper worden nog enkele duidelijk te onderscheiden verontreinigde lagen aangetroffen :

- 9-9,5 m-mv
- 10-10,5 -mv
- 12,5-13 m-mv

De diepste OIP's zijn uitgevoerd tot een diepte van 15,5 m-mv. Tussen 13 en 1,5 m-mv is geen significante verontreiniging meer aangetroffen.

In verschillende OIP's worden ondiep verhoogde signalen gemeten in de aanvulgrond. Mogelijks heeft dit te maken met hergebruik van ontgraven gronden.

5.5.2 Boringen

Op een diepte van 5 -mv wordt in de meeste boringen een veenlaag aangetroffen. Deze laag houdt verband met de aangetroffen verontreiniging op deze diepte.

Op een diepte van ca. 10 m-mv wordt in enkele boringen eveneens een veenlaag aangegeven. Ook op dit niveau worden met de OIP verhoogde concentraties gemeten.

5.5.3 Analyses vaste deel van de bodem

In deze zone zijn 3 boringen uitgevoerd met Geoprobe (7509, 7510, 7511), aangezien het door middel van avegaarboringen niet mogelijk is om een gerichte staalname uit te voeren.

Ter hoogte van de veenhoudende lagen was het soms niet mogelijk om alle analyses uit te voeren omwille van de beperkte hoeveelheid staal.

In het vaste deel van de bodem worden algemeen relatief lage concentraties aangetroffen. In het ontgraven gedeelte worden relatief licht verhoogde concentraties aangetroffen voor minerale olie en PAK's. Ook de bodemsaneringsnorm voor benzeen kan hier overschreden worden.

In het zuidelijk deel van zone 4 worden geen significant verhoogde concentraties gemeten voor minerale olie en PAK's, enkel overschrijdingen van de bodemsaneringsnorm voor benzeen op de niveaus die werden aangegeven door de OIP.

In het noordelijk deel van zone 4 worden op het verontreinigd niveau tussen 5-6,5 m-mv sterk verhoogde concentraties voor benzeen aangetroffen, omwille van het hoge organisch stofgehalte. Hetzelfde wordt vastgesteld in de referentiezone van zone 4 thv 7504 (800-850). Omwille van het zeer hoge organisch stofgehalte was er onvoldoende staal voor analyse op minerale olie en PAK's. Op een diepte van ca. 8,5-9 m-mv wordt de bodemsaneringsnorm overschreden voor minerale olie, benzeen en enkele PAK's (naftaleen en acenaftheen). Op basis van het chromatogram kan wel gesteld worden dat de gemeten concentratie voor minerale olie in hoofdzaak te wijten is aan de aanwezigheid van PAK's.

Er worden algemeen lage concentraties aan cyaniden gemeten.

5.5.4 Analyses grondwater

In het grondwater worden in minerale olie, benzeen, PAK's en cyaniden aangetroffen. Ook hier vertonen de chromatogrammen de typische pieken van de PAK's.

De zwaarste overschrijdingen van de bodemsaneringsnormen betreffen benzeen. De hoogste concentraties worden aangetroffen ter hoogte van 7402 (950-1050) en 7510 (550-650) met overschrijdingen van respectievelijk 1600x en 1000x. In deze 2 filters worden eveneens de hoogste PAK-concentraties aangetroffen, welke in hoofdzaak bestaan uit naftaleen.

Voor de cyaniden worden in bijna alle filters de bodemsaneringsnorm overschreden.

6

EVALUATIE VERZAMELDE GEGEVENS NA MONITORING GRONDWATER

6.1 Zone 1

De peilbuizen geplaatst in 2019 en 2020 werden na het vaststellen van de nulsituatie halfjaarlijks bemonsterd en geanalyseerd op minerale olie, BTEX en PAK's. In deze zone zijn er na de nulsituatie volgende inoculaties gebeurd op 25/06/2021:

- o bestaande populieren en duindoorn tussen P8106 en P8107
- o 4 nieuwe populieren rond P8105

De bodemsaneringsnorm voor minerale olie wordt quasi in alle peilbuizen overschreden, behalve in P8110 en P8210. Bij P8110 wordt in januari 2021 de richtwaarde overschreden. De concentraties voor minerale olie bevinden zich grosso modo in dezelfde grootte-orde in alle filters. In P8102 wordt enkel de streefwaarde overschreden bij bemonstering op 25 januari 2021. Bij de bemonsteringen hierna is dit echter terug ver boven de bodemsaneringsnorm. Hetzelfde wordt waargenomen in P8108 bij bemonstering in februari 2022. In sommige peilbuizen wordt een stijging van concentraties waargenomen doorheen de tijd, in andere een daling.

Voor benzeen worden algemeen relatief beperkte overschrijdingen van de bodemsaneringsnorm aangetroffen behalve in P8109 en P8201. In P8109 wordt er meermaals een drijf- en/of zinklaag aangetroffen.

Voor de zware metalen worden hier en daar overschrijdingen van de bodemsaneringsnorm voor arseen aangetroffen, wat mogelijks te wijten is aan het organisch materiaal en een relatief lage redoxtoestand.

Voor cyaniden worden algemeen relatief beperkte overschrijdingen van de bodemsaneringsnorm aangetroffen. Het betreft bijna uitsluitend niet-chlooroxydeerbare cyanide, geen vrij cyanide.

Een verschil wordt opgemerkt in de concentraties voor naftaleen, afhankelijk van de gebruikte analysemethode, kunnen de concentratie aan naftaleen meerdere grootte-orde verschillen naargelang de gebruikte analysemethode. Dit wordt verder toegelicht in hoofdstuk 6.6.

6.1.1 Correlatie minerale olie, BTEX, PAK

Voor de volledige dataset is er nagegaan of er een correlatie bestaat tussen de metingen op het terrein (veldmetingen) en de concentraties MO, BTEX of PAK. De correlatie wordt in onderstaande tabel weergegeven.

Correlatie	Grondwaterstand	pH	Temperatuur	Geleidbaarheid	Redoxpotentiaal	Zuurstof	MO	BTEX	PAK
grondwaterstand	1	-0,03	0,04	0,31	-0,12	-0,14	0,05	-0,04	0,20
pH		1	0,10	0,08	0,05	0,02	-0,10	-0,09	0,03
Temperatuur			1	-0,05	0,10	0,19	0,01	0,06	0,07
Geleidbaarheid				1	-0,20	-0,17	-0,27	-0,31	-0,03
redoxpotentiaal					1	0,23	0,06	0,03	0,07
Zuurstof						1	0,10	0,09	-0,08
MO							1	0,90	0,47
BTEX								1	0,30
PAK									1

Er is geen correlatie tussen de veldmetingen en de gemeten concentraties. Er is een sterke correlatie tussen de concentraties minerale olie en BTEX. De correlatie tussen de concentraties minerale olie en PAK is minder sterk in het grondwater. Dit geeft aan dat de minerale olie niet enkel bestaat uit PAK concentraties. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de parameter naftaleen in veel lagere concentraties gemeten wordt via de PAK-methode dan via de BTEXN-methode zoals eerder vermeld wordt dit toegelicht in hoofdstuk 6.6.

De correlatie tussen BTEX en PAK is zeer zwak. Dit heeft mogelijks te maken met de verschillende evenwichten tussen grond en grondwater, welke zeer verschillend zijn tussen beide parametergroepen. De BTEX gaan veel makkelijker in oplossing.

6.1.2 Correlatie tijd en minerale olie, BTEX, PAK

Wanneer per peilbuis de verschillende monitoringen in de tijd worden uitgezet tegen het concentratieverloop, wordt onderstaande tabel bekomen. De in het groen aangeduide cellen geven een positieve correlatie tussen tijd en afname van concentratie van de betreffende parametergroep, met een correlatie groter dan +0,7. De in het rood aangeduide cellen geven een negatieve correlatie aan tussen tijd en concentratie, met een correlatie kleiner dan -0,7.

Het valt op dat in bij de parametergroep van de BTEX in meer gevallen een positieve correlatie bestaat dan bij de ander 2 parametergroepen. Van de 3 parametergroepen zijn de BTEX dan ook het makkelijkst biodegradeerbaar.

De getallen in onderstaande tabel geven aan of er een correlatie is, maar geven niet aan hoe sterk de eventuele afname in concentraties is.

Correlatie	MO	BTEX	PAK
P8101	0,16	0,77	-0,57
P8102	-0,78	-0,84	-0,65
P8103	0,54	0,73	-0,12
P8104	0,33	0,71	-0,12
P8105	0,45	0,51	-0,65
P8106	0,24	0,47	-0,62
P8107	0,56	0,88	-0,44
P8108	0,90	0,92	-0,48
P8109	-0,62	-0,62	-0,63
P8110	-0,43	0,92	-0,73
P8201	0,48	0,98	-0,53
P8202	-0,92	-0,48	0,03
P8203	0,76	0,72	-0,59
P8204	0,79	0,89	0,31
P8205	-0,89	0,75	-0,42
P8206	-0,56	-0,91	-0,13
P8207	-0,59	0,15	-0,31
P8208	0,64	0,40	-0,13
P8209	-0,29	0,27	0,08
P8210	-0,45	0,57	0,92

In peilbuizen P8109 en P8207 is puur product aangetroffen. Het is te verwachten dat er hier geen evolutie in concentraties is. Daarop is er gecontroleerd of in de andere peilbuizen zonder correlatie, of met een negatieve correlatie, mogelijks ook concentraties in het vaste deel van de bodem aanwezig zijn die wijzen op puur product :

- P8102 en P8106 : Hier zijn op het niveau van de filters concentraties minerale olie aangetroffen van respectievelijk 14.000 en 20.000 mg/kg, welke wijzen op aanwezigheid van puur product.
- P8105, P8205 en P8110 : Hier zijn geen aanwijzingen voor puur product aangetroffen.
- P8202 en P8206 : In het volledige boorprofiel boven het filterniveau van 8202 en 8206 zijn sterk verhoogde concentraties aangetroffen. De hoogste concentraties zijn niet op het filterniveau aangetroffen, maar ter hoogte van deze boring zijn wel sterke aanwijzingen voor puur product, wat mogelijk ook een invloed heeft op het grondwater thv 8202 en 8206.
- P8208 : In de smearzone worden concentraties minerale olie die mogelijks wijzen op puur product. Deze blijken echter geen invloed te hebben op 8108 (ondiepe filterstelling), dus het is weinig waarschijnlijk dat deze een invloed hebben op het dieper gelegen 8208.
- P8109 : Aangezien er puur product is aangetroffen thv P8109, heeft dit mogelijks ook een invloed op 8209.

Op zich is het niet verwonderlijk dat de afname van de concentraties BTEX de sterkste correlatie vertoont in functie van de tijd. Van de drie parametergroepen zullen de BTEX het makkelijkst biologisch degraderen.

Het is zeker ook duidelijk dat in aanwezigheid van puur product er geen evolutie van concentraties in functie van de tijd kan opgetekend worden.

Voor de 20 monitoringpeilbuizen heeft de afname van BTEX concentraties in 50% van de gevallen een positieve correlatie (>0,7) met de tijd, in 40% geen correlatie (<0,7) en in 10% een negatieve correlatie (<-0,7).

Wanneer de locaties waarbij ter hoogte van de filterstelling puur product is aangetroffen, of mogelijks kan aangetroffen worden, niet mee in beschouwing genomen worden, wordt er een positieve correlatie (>0,7) vastgesteld voor BTEX in 10 van de 16 monitoringfilters (62,5 %).

Wanneer de locaties waarbij ter hoogte van de boorlocatie puur product is aangetroffen, of mogelijks kan aangetroffen worden, niet mee in beschouwing genomen worden, wordt er voor BTEX een positieve correlatie (>0,7) vastgesteld in 9 van de 12 monitoringfilters (75 %).

BTEX kunnen als meest relevante parameter beschouwd worden qua toxiciteit en verspreidingsgedrag. Ter hoogte van de pilootzone zijn er evenwel beduidend lagere concentraties BTEX aangetroffen, in vergelijking met minerale olie en PAK.

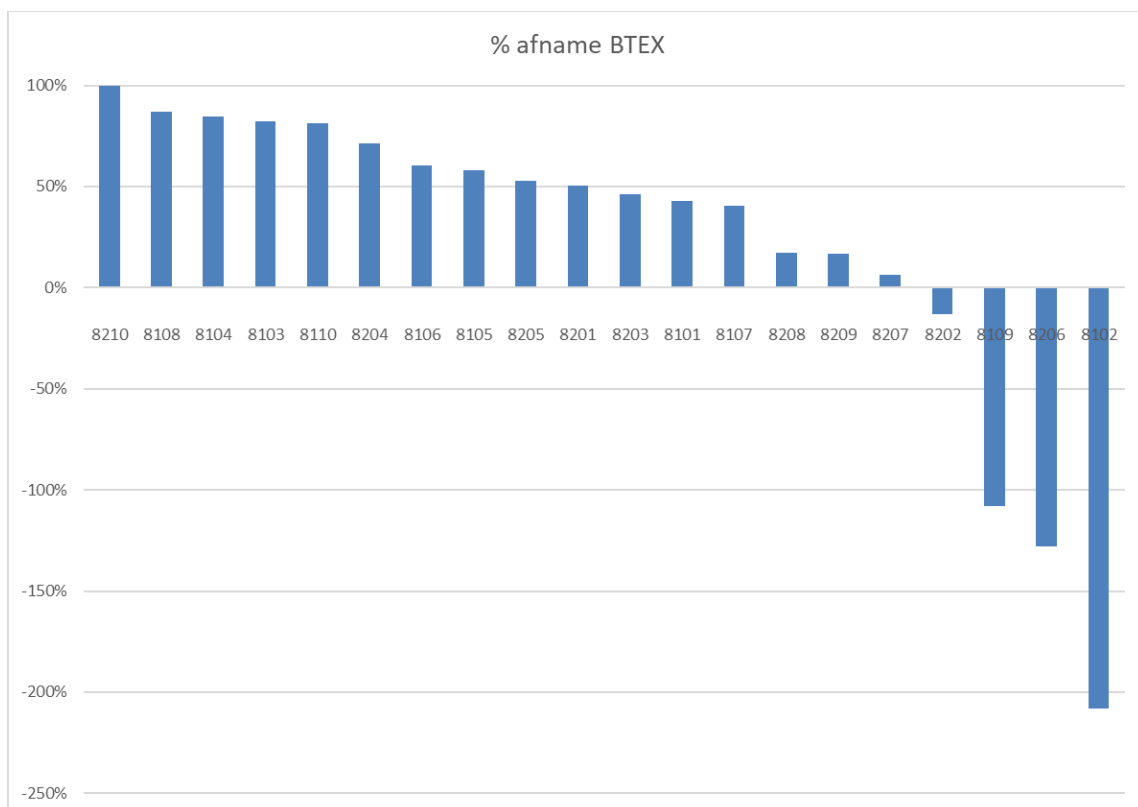
6.1.3 Significantie afname BTEX ivf tijd

Voor de BTEX is berekend wat de procentuele afname is van concentraties in het grondwater gedurende de gemonitorde periode (jan 2020 - juni 2022).

Om de soms grote variatie in resultaten van opeenvolgende bemonsteringen enigszins uit te vlakken, zijn voor de vergelijking telkens het gemiddelde van de eerste 2 bemonsteringen vergeleken met het gemiddelde van de laatste 2 bemonsteringen.

	Gemiddelde start	Gemiddelde einde	Afname
	µg/l	µg/l	%
8210	1,85	0	100%
8108	100,5	13,25	87%
8104	148,5	23	85%
8103	116	20,5	82%
8110	9,35	1,75	81%
8204	40	11,5	71%
8106	540	215	60%
8105	31	13,05	58%
8205	42,5	20	53%
8201	375	185	51%
8203	165	88,5	46%
8101	535	305	43%
107	345	205	41%
8208	46,5	38,5	17%
8209	87	72,5	17%
8207	245	230	6%
8202	415	470	-13%
8109	315	655	-108%
8206	50,5	115	-128%
8102	120	370	-208%

Van de monitoringreeksen met een correlatie boven de 0,7, in bovenstaande tabel groen weergegeven, wordt een daling in concentraties BTEX vastgesteld tussen 41% en 87 %.



6.1.4 Verschil bestaande nieuwe aanplant (BTEX)

Pilootzone 1 bestaat uit 2 rijen monitoringpeilbuizen, met daartussen een gravelweg :

- Ter hoogte van de noordelijke zijde is reeds bestaande begroeiing aanwezig (gras, struiken, bomen)
- Ter hoogte van de zuidelijke zijde zijn nieuwe bomen aangeplant en was enkel gras aanwezig

Om na te gaan of er een significant verschil bestaat tussen de evolutie van de BTEX concentraties tussen de bestaande en nieuwe aanplant, wordt er gebruik gemaakt van de t-test. Dit wordt enkel voor de BTEX berekend aangezien enkel voor de BTEX een positieve evolutie wordt vastgesteld.

Veel statistische toetsen, zoals een t-test of ANOVA, kunnen alleen geldige resultaten opleveren als sprake is van een normale verdeling. De aanname van een normale verdeling is vooral belangrijk bij steekproeven kleiner dan 30 observaties. Er is geen garantie dat de data in dit geval normaal verdeeld is, maar de t-toets zal alleszins een indicatie geven.

Bij hier toegepaste t-test wordt de hypothese getoetst dat de gemiddelden van beide groepen hetzelfde zijn. Met de t-test wordt een P-waarde berekend. Indien deze waarde groter is dan het significantie-niveau (standaard 0,05), bestaat er geen significant verschil tussen het gemiddelde van beide groepen.

In onderstaande tabel wordt de procentuele afname gegeven van de BTEX voor de peilbuizen van reeks 8100 en 8200. De t-test wordt uitgevoerd op de resultaten van de peilbuizen zonder puur product omdat we weten dat dat een storende factor is.

	Bestaand/Nieuw	Afname (%)
8109	B	-108
8209	B	17
8208	B	17
8110	B	81
8108	B	87
8210	B	100
8206	B	-128
8207	B	6
8107	B	41
8106	B	60
8102	N	-208
8202	N	-13
8101	N	43
8203	N	46
8201	N	51
8204	N	71
8103	N	82
8104	N	85
8205	N	53
8105	N	58

In Excel wordt de t-test met gelijke varianties uitgevoerd. De t-test geeft het volgende resultaat.

	<i>Bestaand</i>	<i>Nieuw</i>
Mean	70	62
Variance	637,53	303,44
Observations	3	7
Pooled Variance	386,97	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	0,59	
P(T<=t) one-tail	0,29	
t Critical one-tail	1,86	
P(T<=t) two-tail	0,57	
t Critical two-tail	2,31	

De gemiddelde afname van BTEX-concentratie bedraagt bijna 70% ter hoogte van de bestaande vegetatie en bijna 62% ter hoogte van de nieuwe vegetatie. Op basis van de tweezijdige P-waarde ($0,57 > 0,05$) - het gemiddelde van de een groep kan immers kleiner of groter zijn dan het gemiddelde van de anderen - kan gesteld worden dat er geen significant verschil bestaat tussen deze gemiddelden en er geen significant verschil is in afname van BTEX tussen beide groepen.

6.1.5 Verschil wel/niet geïnoculeerd

Ter hoogte van pilootzone zijn bepaalde zones geïnoculeerd. In de tabel hieronder wordt weergegeven welke zones wel of niet.

In onderstaande tabel wordt de procentuele afname gegeven van de BTEX voor de peilbuizen van reeks 8100 en 8200. De t-test wordt uitgevoerd op de resultaten van de peilbuizen zonder puur product omdat we weten dat dat een storende factor is.

	Innoculatie	Afname (%)
8109	Nee	-108
8209	Nee	17
8208	Nee	17
8110	Nee	81
8108	Nee	87
8210	Nee	100
8102	Nee	-208
8202	Nee	-13
8101	Nee	43
8203	Nee	46
8201	Nee	51
8204	Nee	71
8103	Nee	82
8104	Nee	85
8206	Ja	-128
8207	Ja	6
8107	Ja	41
8106	Ja	60
8205	Ja	53
8105	Ja	58

In Excel wordt de t-test met gelijke varianties uitgevoerd. De t-test geeft het volgende resultaat.

	<i>Niet geïnoculeerd</i>	<i>Geïnoculeerd</i>
Mean	68	47
Variance	344,63	76,40
Observations	8	2
Pooled Variance	311,10	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	1,54	
P(T<=t) one-tail	0,08	
t Critical one-tail	1,86	
P(T<=t) two-tail	0,16	
t Critical two-tail	2,31	

De gemiddelde afname van BTEX-concentratie bedraagt bijna 68% ter hoogte van de niet-geïnoculeerde zone en 47% ter hoogte van de geïnoculeerde zone. Op basis van de tweezijdige P-waarde (0,16>0,05) - het gemiddelde van de een groep kan immers kleiner of groter zijn dan het gemiddelde van de anderen - kan gesteld worden dat er geen significant verschil bestaat tussen deze gemiddelden en er geen significant verschil is in afname van BTEX tussen beide groepen.

6.1.6 Verschil wel/geen puur product

Ter hoogte van pilootzone zijn in bepaalde peilbuizen puur product aangetroffen, bevindt de filter zich op een niveau met puur product of in de buurt van puur product. Dit wordt weergegeven in de bovenstaande tabellen met een groene arcering (geen puur product) of een blanco arcering (puur product mogelijk)

In Excel wordt de t-test met gelijke varianties uitgevoerd op deze 2 groepen. De t-test geeft het volgende resultaat.

	<i>Puur product mogelijk</i>	<i>Geen puur product</i>
Mean	-20	64
Variance	9462,39	358,83
Observations	10	10
Pooled Variance	4910,61	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	18	
t Stat	-2,68	
P(T<=t) one-tail	0,01	
t Critical one-tail	1,73	
P(T<=t) two-tail	0,02	
t Critical two-tail	2,10	

De gemiddelde afname van BTEX-concentratie bedraagt bijna 64% ter hoogte van peilbuizen waarbij geen verstoring van puur product waarschijnlijk is -20% ter hoogte van de peilbuizen in contact of in de nabijheid van puur product. Op basis van de tweezijdige P-waarde ($0,02 < 0,05$) - het gemiddelde van de een groep kan immers kleiner of groter zijn dan het gemiddelde van de anderen - kan gesteld worden dat er wel een significant verschil bestaat tussen deze gemiddelden en er dus significant verschil is in afname van BTEX tussen beide groepen.

6.2 Referentiezone 1

6.2.1 Correlatie minerale olie, BTEX, PAK

	Grondwaterstand (in m -top PB)	pH	T (°C)	Ec (µS/cm)	Redoxpotentiaal (mV)	Zuurstof (mg/l)	Minerale Olie (GC)	Aromaten (som)	PAK 16 EPA
Grondwaterstand (in m -top PB)	1	-0.25946	-0.09959	0.008168821	-0.20159	-0.26382	-0.46191	0.067583	0.09945
pH	-0.25946	1	-0.24651	-0.245190944	0.058012	0.247694	-0.42948	-0.22224	-0.1599
T (°C)	-0.09959	-0.24651	1	0.088233921	-0.21445	-0.16211	0.236121	-0.02462	-0.28306
Ec (µS/cm)	0.008169	-0.24519	0.088234	1	0.186279	-0.17573	0.378575	0.842553	0.485949
Redoxpotentiaal (mV)	-0.20159	0.058012	-0.21445	0.186279228	1	-0.06736	0.573124	0.320929	0.413723
Zuurstof (mg/l)	-0.26382	0.247694	-0.16211	-0.175725817	-0.06736	1	0.642149	-0.0799	-0.05805
Minerale Olie (GC)	-0.46191	-0.42948	0.236121	0.378575136	0.573124	0.642149	1	0.257762	0.205105
Aromaten (som)	0.067583	-0.22224	-0.02462	0.842553337	0.320929	-0.0799	0.257762	1	0.714503
PAK 16 EPA	0.09945	-0.1599	-0.28306	0.485949024	0.413723	-0.05805	0.205105	0.714503	1

Er lijkt in de referentiezone een correlatie te zijn tussen de veldmetingen en BTEX en minerale olie. Daarnaast is er in deze zone een sterke correlatie tussen de concentraties BTEX en PAK. Bij P7608 en P7609 wordt de parameter naftaleen in veel lagere concentraties gemeten via de PAK-methode dan via de BTEXN-methode.

6.2.2 Correlatie tijd en minerale olie, BTEX, PAK

In referentiezone 1 zijn er 2 peilbuizen die tussen oktober 2019 en juli 2022 4x bemonsterd zijn, en als referentie dienen voor pilootzone 1.

Hierbij is ook het gemiddelde genomen van de eerste 2 bemonsteringen als startconcentratie en het gemiddelde van de 2 laatste bemonsteringen als eindconcentratie.

Ook hier wordt een daling van de BTEX concentraties waargenomen, tussen 29% en 85%. Voor de peilbuizen waarbij in pilootzone 1 een positieve correlatie werd waargenomen tussen afname van BTEX en tijd, ligt dit in dezelfde lijn. Op zich is dit niet verwonderlijk aangezien de omstandigheden ook vergelijkbaar zijn.

Betekenisvolle vergelijking is echter moeilijk aangezien de opvolging in de referentiezone een beperkt aantal peilbuizen betreft en de afname van BTEX-concentraties sterk afwijken van elkaar.

	Gemiddelde start µg/l	Gemiddelde einde µg/l	Afname %
7209	158	24	85%
7609	4850	3450	29%

6.3 Zone 2 (Zijdelings Vaartje)

6.3.1 Boringen

De boringen (7101-7115) werden uitgevoerd in de schuine talud van het Zijdelings Vaartje. Na het vaststellen van de nulsituatie (22/01/2019) werden er nog drie keer enkele ondiepe boringen geplaatst, op 18/6/21, 9/2/22 en 25-26/7/22.

De boorprofielen worden gegeven in bijlage III.4. De analyseresultaten worden niet in PDF-formaat gegeven, maar in excel-formaat (bijlage III.6).

Op 25 juni 2021 werden de aanplanten van boorpunt 7108 tot 7115 geïnoculeerd met micro-organismen.

6.3.2 Schade aan proefopstelling

In februari 2021 werd er melding gemaakt van schade aan de proefopstelling ten gevolge van ruimsingswerken aan het Zijdelings Vaartje, waarbij er slib op de oevers werd gedeponeerd. Witteveen + Bos is op 24 februari 2021 ter plaatse gegaan om enkele stalen van het slib te nemen en het slib in kaart te brengen.

De locatie van de staalnames en het slib wordt weergegeven op het plan in bijlage II.2. De analyseresultaten zijn opgenomen in excel-formaat (bijlage III.6).

Algemeen kan het volgende gesteld worden :

- De parameters met verhoogde concentraties in het slib zijn dezelfde als aangetroffen in 2019.
- De chromatogrammen van het slib vertonen dezelfde "tekening" als deze van de staalnames in 2019.
- Algemeen liggen de concentraties van het slib lager dan deze van de staalnames in 2019.
- Dit type van werken draagt bij aan de heterogeniteit van de ruimtelijke verspreiding van de verontreiniging.

6.3.3 Analyses vaste deel van de bodem

De grafieken met de evolutie van de concentraties worden gegeven in bijlage III.8.

Ter hoogte van de meeste boringen kan geen algemene (positieve) evolutie opgemerkt worden. Op de volgende locaties is mogelijk een positieve evolutie op te merken.

- 7107 (0-0,20 m-mv)
- 7112 (70-1,00 m-mv)
- 7113 (0-0,20 m-mv)
- 7115 (0-0,20 m-mv)

Algemeen kan gesteld worden dat de variatie op de concentraties ten gevolge van ruimtelijke heterogeniteit veel groter is dan de mogelijke evolutie op de concentraties. M.a.w. de mogelijke evolutie op de concentraties is niet meetbaar binnen het huidige tijdsbestek omwille van de ruimtelijke variatie in concentraties, welke zich ook op korte afstand manifesteren.

6.4 Zone 3 (De Lieve)

6.4.1 Inleiding

Na opzet van de nulsituatie in 2020 werden er in 2021 en 2022 opnieuw stalen genomen van de phytopiles 1A, 1B, 1C, 1D, 2A en 2B op drie verschillende momenten:

- 03/06/2022
- 15/02/2022
- 06/07/2022
- 16/09/2022

De phytopiles zijn gelokaliseerd te Hulsdonk 27 te 9042 Desteldonk, de locatie wordt weergegeven op de afbeelding onder hoofdstuk 3.3.

De analysesresultaten worden weergegeven in onderstaande **Error! Reference source not found.** De monsters werden geanalyseerd op droge stof, organische stof, klei, zware metalen, minerale olie GC (C10-C40), PAK (EPA) en pH (KCl).

De resultaten van de analyses werden getoetst aan de normen van grondverzet zoals weergegeven in het algemeen kader in paragraaf 3.3.

6.4.2 Overzicht resultaten

Zie bijlage III.6 en III.7.

6.4.3 Evaluatie resultaten zone 3 De Lieve

Uit de analysesresultaten blijkt dat de kwaliteit van de phytopilestalen genomen in 2021 en 2022 volgens de grondverzetsnormering nog niet gewijzigd is.

In alle stalen blijven er nog PAK waarde zitten boven 80% van de bodemsaneringsnorm en bouwstofnorm waardoor alle piles de code 999 toegewezen.

Aangezien er geen wijziging is in milieuhygiënische code blijft het besluit over tijdelijke oeverdeponie van hoofdstuk 5.4 behouden namelijk: Het baggerspecie kan enkel mits omgevingsvergunning worden gestockeerd op de oever..

6.5 Zone 4 + referentie

In het grondwater worden in minerale olie, benzeen, PAK's en cyaniden aangetroffen. Ook hier vertonen de chromatogrammen de typische pieken van de PAK's.

De zwaarste overschrijdingen van de bodemsaneringsnormen betreffen benzeen. De hoogste concentraties worden aangetroffen ter hoogte van 7402 (950-1050) en 7510 (550-650). In deze 2 filters worden eveneens de hoogste naftaleen-concentraties aangetroffen. In P7402 werd ook meermaals een zinklaag waargenomen wat mogelijks ook deze concentraties bepaalt. Er worden op nog enkele andere plaatsen hoge PAK-concentraties waargenomen in combinatie met een zinklaag (P7504, P7301, P7302).

Voor de cyaniden worden in bijna alle filters de bodemsaneringsnorm overschreden.

6.5.1 Correlatie minerale olie, BTEX, PAK

Voor de volledige dataset is er nagegaan of er een correlatie bestaat tussen de metingen op het terrein (veldmetingen) en de concentraties MO, BTEX of PAK. De veldmetingen op het terrein zijn de volgende :

- Grondwaterstand
- pH
- Temperatuur
- Geleidbaarheid
- Redoxpotentiaal
- Zuurstofgehalte

De correlatie wordt in onderstaande tabel weergegeven.

	Grondwaterstand (in m -top PB)	pH	T (°C)	Ec (µS/cm)	Redoxpotentiaal (mV)	Zuurstof (mg/l)	Minerale Olie (GC)	Aromaten (som)	PAK 16 EPA
Grondwaterstand (in m -top PB)	1	-0,11	0,44	0,08	-0,03	-0,62	0,26	0,14	0,18
pH		1	-0,21	0,26	-0,04	0,04	0,30	-0,41	0,11
T (°C)			1	-0,09	-0,15	-0,55	-0,08	0,09	-0,11
Ec (µS/cm)				1	0,28	-0,05	-0,20	-0,08	-0,05
Redoxpotentiaal (mV)					1	0,32	0,00	-0,14	-0,08
Zuurstof (mg/l)						1	-0,08	-0,06	0,13
Minerale Olie (GC)							1	0,21	0,98
Aromaten (som)								1	0,20
PAK 16 EPA									1

Er is geen significante correlatie tussen de veldmetingen en de gemeten concentraties. Er is een sterke correlatie tussen de concentraties minerale olie en PAK. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de parameter naftaleen in veel lagere concentraties gemeten wordt via de PAK-methode dan via de BTEXN-methode. Zoals eerder vermeld wordt dit toegelicht in hoofdstuk 6.6.

De correlatie tussen BTEX en minerale olie, en BTEX en PAK is zeer zwak.

6.5.2 Correlatie tussen tijd en minerale olie, BTEX, PAK

Wanneer per peilbuis de verschillende monitoringen in de tijd worden uitgezet tegen het concentratieverloop, wordt onderstaande tabel bekomen. De in het groen aangeduide cellen geven een positieve correlatie tussen tijd en afname van concentratie van de betreffende parametergroep, met een correlatie groter dan +0,7. De in het rood aangeduide cellen geven een negatieve correlatie aan tussen tijd en concentratie, met een correlatie kleiner dan -0,7.

Correlatie	MO	BTEX	PAK
P7503	0,86	0,91	nb
P7504	-0,75	nb	nb
P7401	-0,88	0,79	-0,69
P7302	-0,30	-0,57	-0,77
P7301	-0,58	-0,59	-0,17
P7402	-0,59	0,33	-0,69
P7304A	nb	-0,78	0,63
P7510	0,81	0,58	0,76
P7511	nb	0,37	0,18
P7303	0,86	0,55	-0,76

Paars = puur product aangetroffen

In bovenstaande tabel is een aantal keer "nb" ingevuld. Hierbij zijn slechts 2 betekenisvolle analyseresultaten beschikbaar, waardoor de correlatie altijd +1 of -1 is, en er geen besluit over de correlatie kan genomen worden.

Van de 10 monitoringfilters zijn er 4 waarbij puur product is aangetroffen. Hierbij wordt geen evolutie waargenomen.

Er zijn weinig vakken met een positieve significante correlatie in bovenstaande tabel :

- Ter hoogte van 7503 wordt een positieve correlatie berekend voor minerale olie en BTEX. Voor minerale olie is dit te wijten aan een eerste hoge concentratie, waarna deze stabiel blijft op een lager niveau. Voor BTEX zou er wel sprake kunnen zijn van een dalende trend.
- Ter hoogte van 7401 wordt een positieve correlatie berekend voor BTEX. Voor BTEX is dit te wijten aan een eerste hoge concentratie, waarna deze stabiel blijft op een lager niveau.
- Ter hoogte van 7510 wordt een positieve correlatie berekend voor minerale olie en PAK. Hier zou er wel sprake kunnen zijn van een dalende trend.
- Ter hoogte van 7303 wordt een positieve correlatie berekend voor minerale olie. Hier zou er wel sprake kunnen zijn van een dalende trend.

In het algemeen is er geen duidelijke correlatie tussen het concentratieverloop over de tijd waar te nemen die kunnen gelinkt worden aan de fyto-remediatie.

6.6 Toelichting met betrekking tot concentratieverschillen naftaleen

Zoals eerder aangegeven zijn er grote concentratieverschillen m.b.t. naftaleen indien ofwel de BTEXN-methode of de PAK-methode werd gebruikt:

- Methode BTEXN : W0254, HS-GC-MS, CMA/3/E
- Methode PAK's : W0260, GC-MS

Bij de PAK-methode wordt een vloeistof extract geïnjecteerd en bij vluchtig het gas (wat ontstaat na verhitten op het apparaat).

De concentraties gemeten met de BTEXN methode zijn hoger dan deze van de PAK-methode. Er werd met het labo Eurofins gecommuniceerd dat dit wel heel uiteenlopende resultaten zijn.

Een voorbeeld kan hier aangetroffen worden (certificaat 2019148432/3 d.d. 16/03/2022):

Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen		
V Naftaleen	µg/L	35000

Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAK		
V Naftaleen	µg/L	5000

Volgens het labo is de PAK-methode de meest betrouwbare binnen het kwaliteitssysteem van het labo en kunnen volgende onzekerheden een rol spelen in de afwijkende resultaten:

- De manier waarop de stalen worden aangeleverd:
BTEXN = conservering pH 1-2 met H₂SO₄ (conserveertermijn 7 dagen), PAK = geen conservering (conserveertermijn 7 dagen)
- Analysemethodes zijn verschillend: Bij BTEXN via HEADSPACE-GCMS en is het de laatste component van de meting. Bij PAK via GCMS en is de eerste component van de meting.
- De voorbehandeling en gebruik van interne standaarden zijn verschillend voor beide analyses.

Er werd besloten om ook enkele analyses te laten uitvoeren bij het labo SGS, zowel SGS als Eurofins mogen geen interne standaarden delen. Bij SGS werden dezelfde concentratieverschillen waargenomen. Op verschillende certificaten kon door een te hoge concentratie deze niet gerapporteerd worden, voor deze cases werd de NEN-methode toegepast in plaats van de CMA-methode omdat deze meer verdunningsreeksen toelaten. Buiten het feit dat er niet meer gerapporteerd werd met ">" verandert dit niet de conclusie met betrekking tot het verschil via BTEXN- en PAK-methode.

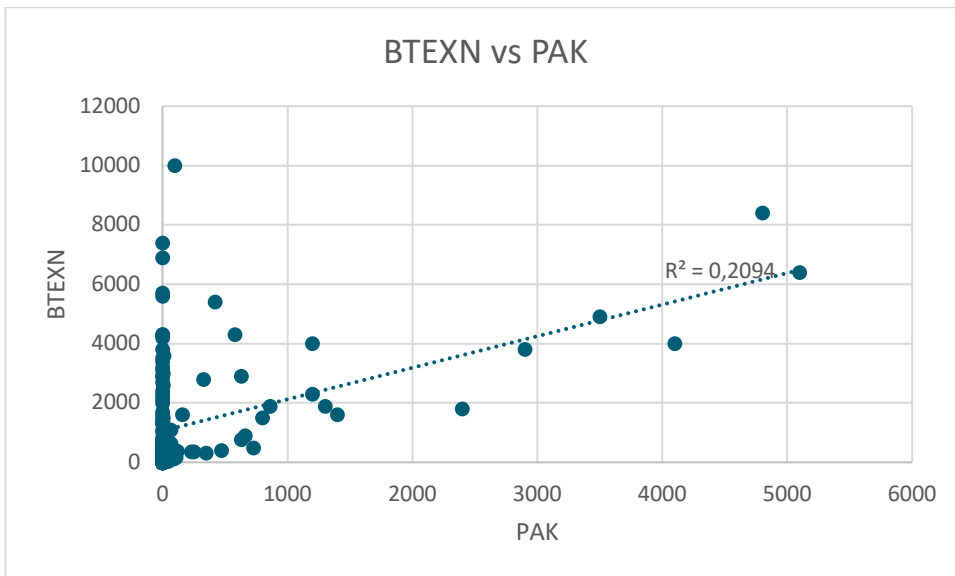
Om na te gaan of de conservering een impact heeft op de verschillen tussen de analysemethoden werden er van enkele peilbuizen telkens een geconserveerd en een niet-geconserveerd staal geanalyseerd. Bij enkele peilbuizen kan er een duidelijk verschil waargenomen worden (P7301, P8102), bij de overige liggen de concentraties dicht bij elkaar (P8107, P8205, P8210). Er is dan ook geen duidelijke aanwijzing dat de conservering een effect heeft op de verschillen in analysemethode.

Tabel 6.1 Concentratie naftaleen (µg/L) geconserveerd versus niet-geconserveerd op de BTEXN-methode

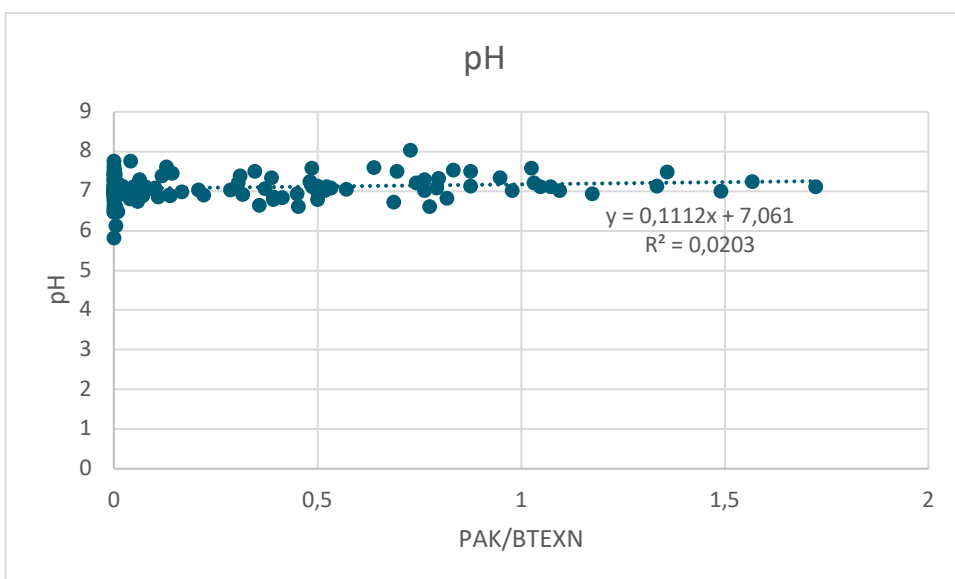
Peilbuis	Conservering	Niet-geconserveerd
P7301	96	0.2
P8102	1100	270
P8107	4100	4000
P8205	1300	1300
P8210	2.8	2.9

Om na te gaan of er een correlatie tussen de veldwaarnemingen en de gebruikte analysemethode, werd telkens de verhouding PAK/BTEXN berekend, hoe hoger deze waarde, des te meer de analyseresultaten overeenkomen. Deze werd hierna geplot tegenover de veldmetingen. De meetreeks van december 2019 werd weggelaten omdat deze maar 4 waarden bevat.

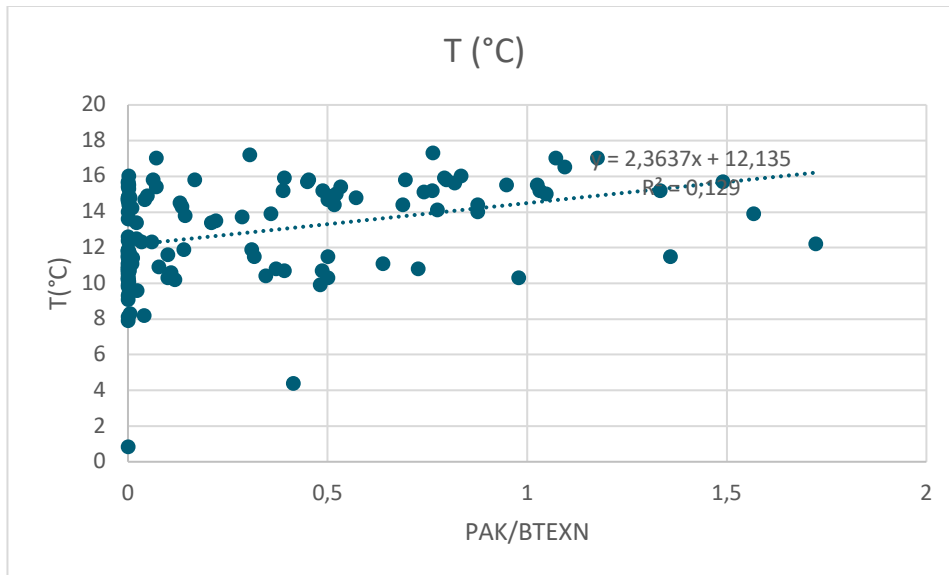
De verhouding tussen de methode lijkt beïnvloed door de geleidbaarheid en de temperatuur. Om hier meer in detail op in te gaan wordt de variabele van staalnamedatum toegevoegd. Uit de resultaten blijkt dat er enkel in januari 2022 een significante impact van de veldmetingen is terwijl dit niet was in januari 2020, in juli 2021 is er enkel van de temperatuur een impact maar dit is niet meer zo in juli 2022. Uit deze resultaten kan er geen duidelijke conclusie geformuleerd worden tussen de link van de verschillen tussen analysemethode en de veldgegevens. Tenslotte werden er ook drijf- en zinklaag metingen uitgevoerd op het veld. Indien we het gemiddelde van de verhoudingen van wel een drijf- of zinklaag meten komen we uit op 0,36, bij de afwezigheid van een drijf- of zinklaag is dit 0,28. Er is dus een lage waarschijnlijkheid dat de drijf- of zinklaag een verklaring zijn voor de verschillen tussen de analysemethoden.



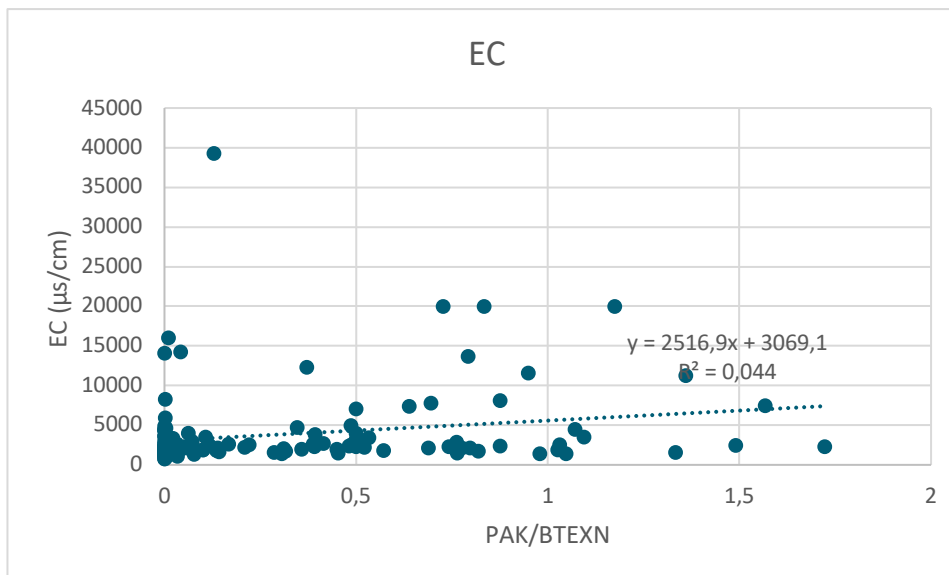
Figuur 1. Verschil tussen PAK en BTEXN ($\mu\text{g/l}$)



Figuur 2. Impact pH op verschil PAK/BTEXN



Figuur 3. Impact T op verschil PAK/BTEXN



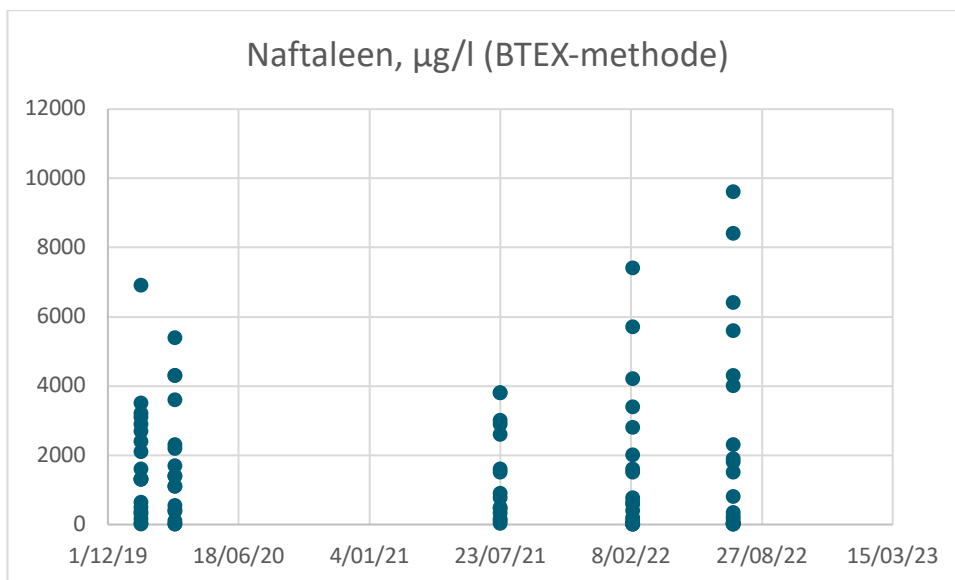
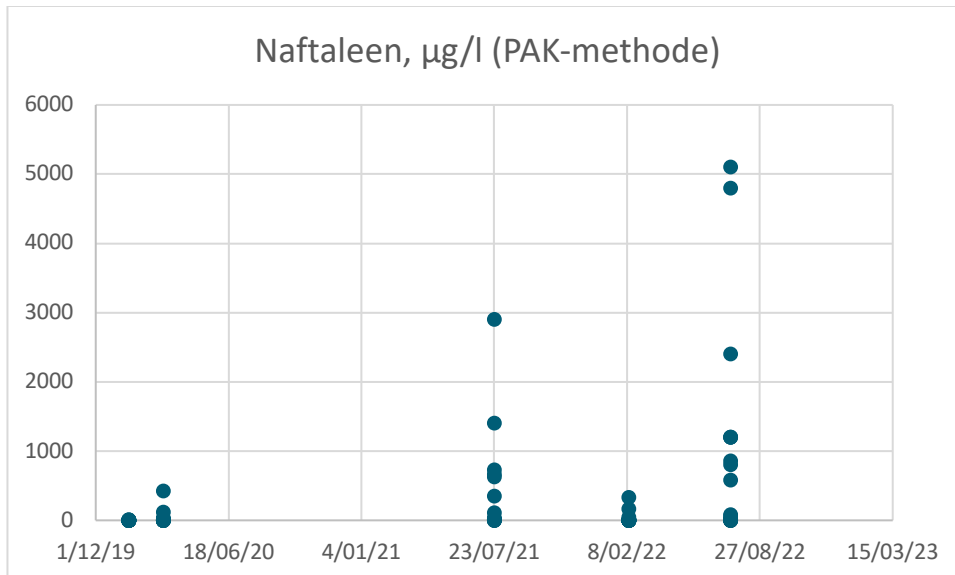
Figuur 4. Impact EC op verschil PAK/BTEXN

Als laatste werd er gekeken of de onderzoekszones gelinkt zijn aan het verschil tussen de analysemethode. Uit deze resultaten blijkt dat de verhouding beïnvloed wordt door de zone van de staalname maar dit geldt zoals eerder vermeld niet voor enkel naftaleen-concentraties.

Uit bovenstaande resultaten kan er geen conclusie gevonden worden voor de grote concentratieverschillen.

Volgens het labo is de PAK-methode de meest betrouwbare binnen het kwaliteitssysteem van het labo. Het labo heeft daarom ook bij vele rapportages de analyseresultaten voor naftaleen volgens de BTEX-methode niet aangeleverd. Bijgevolg zijn steeds de analyses volgens de PAK-methode meegenomen in de analysetabellen. In het kader van het onderzoek naar de verschillen tussen beide methoden zijn de resultaten voor naftaleen volgens de BTEX-methode later apart opgevraagd.

In onderstaande tabellen worden voor 90 analyses op naftaleen de concentraties uitgezet volgens een tijdas. Ten behoeve van de visualisatie zijn hierbij de bemonsteringen van het grondwater die in eenzelfde periode zijn uitgevoerd, op dezelfde datum verondersteld.



Hierbij vallen 2 zaken op :

- Zoals reeds vastgesteld liggen de gemeten naftaleen-concentraties hoger dmv de BTEX-methoden dan voor de PAK-methode
- De concentratieniveaus voor naftaleen, gemeten volgens de BTEX-methode zijn veel consistentere dan de eerder wispelturige naftaleen-concentraties gemeten volgens de PAK-methode. Er is geen aanwijsbare reden dat de concentraties voor naftaleen sterk zouden stijgen en dalen. Dit doet vermoeden dat de BTEX-methode betrouwbaarder is.

6.7 Aanbevelingen globaal (nog aan te passen en bij te schaven)

- **Heterogeniteit** van verontreiniging in het vaste deel van de bodem maakt dat grondstaalnames (als puntstaalnames) ikv opvolging geen goede opvolgingsparameter vormen. Mogelijks zijn mengmonsters mogelijk, maar de termijn waarbinnen de pilootproef wordt uitgevoerd is ruim onvoldoende aangezien de variatie op de analysesresultaten veel groter is dan een mogelijke evolutie in concentraties.
- De aanwezigheid van **puur product** maakt dat een eventuele biologische afbraak niet aantoonbaar is en er geen betrouwbare resultaten qua monitoring geproduceerd worden.
- Algemeen is de **termijn van opvolging** via de klassieke monitoring door middel van bemonstering grondwater en analyses) ruim onvoldoende in het kader van de piloottesten.
- In het kader van een pilootproef dienen zoveel mogelijk parameters, vreemd aan de pilootproef, die invloed hebben op resultaten vermeden te worden (heterogeniteiten, puur product, ...). Keuze van het terrein is hierbij zeer belangrijk. In feite lijken **labo-testen** in eerste instantie aangewezen om maximaal variatie -vreemd aan de biologische afbraak - uit te sluiten.
- Systematisch **overleg** tussen de verschillende betrokken partijen is zeer belangrijk voor opvolging en voortgang van het project.
- Er is een **significant verschil** vastgesteld tussen 2 verschillende **analysemethoden** om **naftaleen** te analyseren. In die mate dat er sprake is van verschillen op niveau van grootte-orde. Een verklaring hiervoor is nog niet gevonden, en ligt evenmin binnen de scope van deze pilootproef. Er wordt zeer sterk aanbevolen om bijkomend onderzoek te laten uitvoeren. Mogelijks is deze taak weggelegd voor OVAM, VITO, ... ?
- Momenteel is enkel gemonitord ter hoogte van de restverontreiniging zelf. Het is moeilijker om, biologisch, verontreiniging te behandelen in het vaste deel van de bodem dan in opgeloste fase. Daarom kan het aangewezen zijn om stroomafwaarts van de behandelde zone eveneens het grondwater te monitoren.
- ...

DEEL 4

Bijlage(n)



BIJLAGE: DEEL 1 ADMINISTRATIEVE BIJLAGEN

I.1 Kadastrale gegevens



BIJLAGE: DEEL 2 KAARTENMATERIAAL

II.1 Topografische kaart met aanduiding met aanduiding van de grondwaterwinningen van categorie C, drinkwaterwinningen, waterwingebieden en beschermingszones type I, II of III binnen een afstand van twee kilometer van de onderzoekslocatie

II.2 Plannen onderzoekslocatie



BIJLAGE: DEEL 3 OVERIGE BIJLAGEN

III.1 EnISSA OIP-rapport

III.2 Fotoreportage

III.3 Technische beschrijving van de monstername

Boringen en plaatsing van de peilbuizen

De boringen worden standaard uitgevoerd met een Edelman handboorset. Op locaties waar betonverhardingen aanwezig zijn, wordt eerst een gat gekernd met een diamantboor.

Op de vooraf voorziene plaatsen worden de boringen verder afgewerkt tot peilput. Hiervoor wordt een HDPE-peilbuis gebruikt met een diameter van 32 mm en een filterlengte van 1 m. De verschillende stukken worden in elkaar geschroefd. De filter wordt omgeven door filtergrind. Boven de filter wordt een kleistop van ongeveer 1 m aangebracht. De peilbuizen worden direct na de plaatsing schoongespoeld.

Bodemstaalname

Op het terrein worden een aantal boringen uitgevoerd. Per halve meter of bij veranderende bodemsamenstelling wordt een geroerd staal genomen. Per boring wordt aan de hand van organoleptische waarnemingen het meest verontreinigde staal geselecteerd.

De geselecteerde stalen worden zo snel mogelijk (binnen 24 u) naar het laboratorium gebracht.

Grondwaterstaalname

De peilbuizen worden minimum een week na plaatsing bemonsterd. De bemonstering gebeurt volgens het low-flowprincipe (CMA/1/A.2) met behulp van een elektrische slangenpomp. Tijdens de monstername worden voor elke peilbuis de temperatuur, conductiviteit en pH van het grondwater gemeten.

De geselecteerde stalen worden zo snel mogelijk (binnen 24 u) naar het laboratorium gebracht.

De exacte locatie van de boringen en peilputten wordt aangegeven in een detailplan van de onderzochte site, dat terug te vinden is in bijlage II.2.

Meetreeksen monstername grondwater

Referentiezone 1: noordoosten terrein

P7201

Meetreeks P7201 (08/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
Stabiel	6,79	14,7	7100	0,18	-52

P7202

Meetreeks P7202 (08/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
Stabiel	6,65	13,9	2010	0,15	-30

P7203

Meetreeks P7203 (09/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
Stabiel	7,13	13,4	1630	0,31	-47

P7204

Meetreeks P7204 (09/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,94	12,4	1940	0,45	-26
2	6,94	12	1920	0,45	-28
3	6,98	11,9	1900	0,43	-28
4	7,03	12,1	1900	0,5	-25
Stabiel	7,03	11,6	1900	0,46	-23

P7205

Meetreeks P7205 (09/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,89	11,7	2200	0,41	-6
2	6,89	11,9	2180	0,41	-13
3	6,93	11,8	2180	0,38	-8
4	6,89	11,9	2160	0,39	-18
Stabiel	6,89	11,9	2180	0,36	-25

P7206

Meetreeks P7206 (08/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
Stabiel	7,03	14,9	3970	0,15	3

P7207A

Meetreeks P7207A (09/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,98	13,5	2200	0,33	-35
2	6,98	13,4	2190	0,36	-74
3	6,98	13,6	2220	0,31	-93
4	6,98	13,7	2200	0,29	-113
Stabiel	7,03	13,4	2220	0,27	-123

P7208

Meetreeks P7208 (14/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,71	14	2130	0,44	-271
2	6,71	13,9	2130	0,33	-288
3	6,67	14	2130	0,27	-293
4	6,67	14,1	2130	0,22	-295
Stabiel	6,62	14,1	2130	0,2	-293

Meetreeks P7208 (02/02/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,03	11,1	1820	4,82	123
2	7,02	11	1800	2,89	130
3	6,95	11	1760	0,3	149
4	6,96	11	1760	0,26	148
Stabiel	6,96	10,8	1760	0,26	149

P7209

Meetreeks P7209 (14/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,94	13,6	2440	0,4	-252
2	6,94	13,6	2450	0,33	-249
3	6,89	13,7	2470	0,29	-283
4	6,85	13,5	2440	0,25	-303
Stabiel	6,8	13,6	2450	0,21	-312

Meetreeks P7209 (08/02/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,26	9,7	4210	1,23	-286
2	7,12	9,7	3410	0,99	-262
3	7,1	9,7	3360	0,78	-250
4	7,1	9,7	3330	0,68	-246
Stabiel	7,1	9,7	3330	0,7	-244

Meetreeks P7209 (27/01/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,96	11,1	3150	0,98	-126
2	7,01	11,4	3180	0,7	-136
3	6,99	11,4	3200	0,59	-137
4	6,98	11,5	3210	0,3	-139
Stabiel	6,99	11,5	3210	0,28	-140

Meetreeks P7209 (13/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,62	14,5	2540	2,47	32
2	6,81	13,8	2530	1,04	-7
3	6,88	13,6	2520	0,62	-42
4	6,89	13,5	2520	0,51	-57
Stabiel	6,91	13,5	2520	0,44	-46

P7601

Meetreks P7601 (08/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,93	15,4	2030	0,16	-3
2	6,89	15,3	2060	0,16	-18
3	6,89	15,4	2060	0,15	-25
4	6,88	15,4	2070	0,15	-30
Stabiel	6,84	15,4	2080	0,15	-37

P7603

Meetreks P7603 (09/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,98	13,2	1670	0,35	13
2	6,94	13,4	1660	0,37	10
3	7,03	13,6	1630	0,43	8
4	7,03	13,7	1610	0,4	10
Stabiel	7,03	13,7	1580	0,36	10

P7604

Meetreks P7604 (09/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,98	12,7	1640	0,52	23
2	7	12,6	1670	0,48	17
3	7,01	12,6	1690	0,46	9
4	7,03	12,5	1700	0,45	-12
Stabiel	7,03	12,5	1710	0,44	-20

Meetreks P7604 (26/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,21	10,2	1460	11,55	-153
2	7,2	10,7	1470	11,38	-174
3	7,1	10,6	1470	11,38	-164
4	7,1	10,7	1460	11,35	-182
Stabiel	7,1	10,6	1470	11,38	-159

P7605

Meetreks P7605 (09/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
Stabiel	6,74	12,3	2130	0,34	-35

Meetreks P7605 (02/02/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,23	10,1	1720	3,92	-93
2	7,21	9,9	1720	3,06	-95
3	6,9	9,9	1700	1,24	-120
4	6,89	9,9	1700	0,21	-122
Stabiel	6,89	9,8	1710	0,2	-123

P7606

Meetreks P7606 (08/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	6,89	15,4	2510	0,17	-45

P7607

Meetreks P7607 (08/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	6,98	15,8	2650	0,14	-164

P7608

Meetreks P7608 (14/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,85	15,1	2630	0,37	-220
2	6,85	15,1	2630	0,31	-215
3	6,9	15,3	2630	0,39	-169
4	6,85	15,1	2640	0,35	-186
Stabiel	6,8	15,4	2630	0,39	-183

Meetreks P7608 (08/02/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,47	7,3	3230	1,62	-170
2	7,52	7,9	2810	0,28	-223
3	7,17	8,4	2790	0,15	-218
4	7,15	8,6	2790	0,06	-219
Stabiel	7,15	8,6	2800	0,06	-218

P7609

Meetreks P7609 (14/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,71	14,5	3730	0,52	-181
2	6,67	14,5	3730	0,51	-186
3	6,67	14,6	3710	0,49	-186

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
4	6,67	14,5	3710	0,49	-191
Stabiel	6,67	14,6	3680	0,46	-196

Meetreks P7609 (08/02/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,55	9,8	2580	2,04	396
2	6,71	9,8	3850	1,2	312
3	6,79	9,6	3900	0,85	308
4	6,79	9,6	3910	0,71	305
Stabiel	6,78	9,6	3900	0,63	302

Meetreks P7609 (27/01/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,01	10,2	3590	0,77	-68
2	6,95	10,4	3530	0,59	-124
3	6,89	10,5	3510	0,34	-151
4	6,86	10,6	3500	0,21	-177
Stabiel	6,85	10,6	3510	0,19	-196

Meetreks P7609 (13/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,9	15	2780	1,55	-67
2	6,88	14,4	2750	1,02	-75
3	6,89	14,4	2810	0,67	-77
4	6,84	14,4	2760	0,49	-77
Stabiel	6,84	14,4	2750	0,51	-79

P7610

Meetreks P7610 (14/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,76	15,9	3710	0,73	-183
2	6,8	15,6	3740	0,52	-183
3	6,8	15,6	3730	0,46	-179
Stabiel	6,85	15,9	3810	0,59	-157

P7611

Meetreks P7611 (14/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,89	14,4	5120	0,67	-281

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
2	6,89	14,5	5120	0,64	-290
3	6,85	14,1	5120	0,71	-305
4	6,8	14,3	5120	0,64	-312
Stabiel	6,8	14,5	5120	0,66	-325

Meetreks P7611 (08/02/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,54	9,8	6010	1,22	490
2	6,88	10,2	5820	0,88	508
3	6,9	10,4	5710	0,76	522
4	6,9	10,5	5700	0,7	527
Stabiel	6,9	10,4	5700	0,66	528

Zone 1: Noordkant perceel

P7502

Meetreks P7502 (08/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,36	14	1920	0,07	-113
2	7,41	14	1890	0,07	-142
3	7,46	13,9	1330	0,07	-147
4	7,41	13,7	1620	0,07	-152
Stabiel	7,46	13,8	1650	0,07	-159

P8101

Meetreks P8101 (20/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	6,06	9,2	814	0,71	23

Meetreks P8101 (10/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,06	10,4	1600	11,17	89
2	7,06	10,4	1610	11,13	91
3	7,18	10,3	1610	3,11	94
4	7,28	10,3	1590	3,11	94
Stabiel	7,28	103	1590	3,11	94

Meetreeks P8101 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,56	9,8	1780	1,02	244
2	7,55	9,7	1790	0,65	261
3	7,56	9,7	1800	0,5	260
4	7,54	9,7	1790	0,17	262
Stabiel	7,55	9,7	1790	0,17	260

Meetreeks P8101 (18/06/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	7,3	13,6	2310	0,11	-167

Meetreeks P8101 (27/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,31	15	2300	1,07	10
2	7,37	14,3	2320	0,5	75
3	7,41	14,3	2320	0,47	62
4	7,41	14,3	2320	0,17	62
Stabiel	7,41	14,4	2320	0,17	62

Meetreeks P8101 (08/09/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,38	19,4	1430	0,43	26
2	7,32	19,4	1400	0,3	24
3	7,29	19,4	1380	0,26	21
4	7,28	19,4	1380	0,21	19
Stabiel	7,28	19,4	1380	0,21	19

Meetreeks P8101 (29/10/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	5,28	13,8	265	0,1	-42
2	5,12	13,8	260	0,12	-46
3	5,08	13,06	258	0,12	-62
4	5,08	13,06	258	0,12	-62
Stabiel	5,08	13,06	258	0,12	-62

Meetreeks P8101 (09/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,57	10,3	2430	2,38	33

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
2	7,53	10,3	2440	0,65	-17
3	7,37	10,4	2480	0,4	-97
4	7,4	10,2	2480	0,33	-108
Stabiel	7,39	10,2	2470	0,31	-103

Meetreks P8101 (13/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,77	14,7	2320	0,51	-33
2	7,37	15,1	2180	0,29	-77
3	7,33	15,5	2170	0,26	-93
4	7,32	15,6	2170	0,14	-99
Stabiel	7,32	15,8	2160	0,11	-108

Meetreks P8101 (25/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,11	17	2240	0,2	-183
2	7,28	16,9	2230	0,2	-193
3	7,23	17,1	2210	0,8	-196
4	7,3	18	2200	-0,1	-182
Stabiel	7,3	18,2	2190	-0,9	-192

P8102

Meetreks P8102 (20/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
Stabiel	6,47	9,1	740	1,26	52

Meetreks P8102 (10/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,33	10,8	1150	2,67	60
2	7,52	10,8	1140	2,3	76
3	7,76	10,8	1110	2,18	76
4	7,76	10,8	1100	2,12	76
Stabiel	7,76	10,8	1100	2,12	76

Meetreks P8102 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,6	10,4	1120	0,69	203
2	7,55	10,3	1080	0,51	200

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
3	7,54	10,3	1100	0,5	190
4	7,54	10,3	1110	0,52	189
Stabiel	7,56	10,3	1110	0,52	191

Meetreks P8102 (27/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,93	14,1	2390	1,07	130
2	6,87	14	1910	1,19	134
3	6,87	14,1	1890	0,82	135
Stabiel	6,93	14,2	1890	0,63	137

Meetreks P8102 (10/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,98	9,4	1810	0,66	-90
2	6,99	9,5	1890	0,53	-101
3	7	9,6	1900	0,46	-95
4	6,97	9,8	1940	0,41	-115
Stabiel	6,99	9,8	1950	0,39	-109

Meetreks P8102 (13/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,89	14,9	1830	0,24	-115
2	7,03	14,9	1820	0,14	-119
3	7,05	14,9	1810	0,13	-124
4	7,05	14,8	1800	0,11	-129
Stabiel	7,05	14,8	1790	0,09	-132

P8103

Meetreks P8103 (20/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	6,53	9,3	790	0,98	29

Meetreks P8103 (10/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,36	11,2	2050	2,38	-204
2	7,32	11,5	2040	1,11	-204
3	7,39	11,9	2040	0,15	-206
4	7,39	11,9	2040	0,1	-206

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	7,39	11,9	2040	0,1	-206

Meetreeks P8103 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,44	10,9	2150	1,45	206
2	7,39	10,7	2230	-	213
3	7,32	10,6	2320	-	234
4	7,32	10,6	2310	-	231
Stabiel	7,33	10,6	2300	1,32	236

Meetreeks P8103 (27/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,3	15,3	2840	0,42	146
2	7,3	15,2	2850	0,33	154
Stabiel	7,3	15,2	2850	0,28	163

Meetreeks P8103 (10/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,19	10,5	3100	2,91	-87
2	7,2	10,8	3100	1,92	-91
3	7,17	10,7	3080	0,74	-100
4	7,19	11	2990	0,47	-109
Stabiel	7,2	11,1	2980	0,43	-115

Meetreeks P8103 (13/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,38	15,4	2650	0,19	-162
2	7,35	15,8	2640	0,1	-181
3	7,36	15	2630	0,08	-198
4	7,35	15,3	2630	0,08	-207
Stabiel	7,35	15,2	2630	0,06	-209

P8104

Meetreeks P8104 (22/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	7,02	9,4	1960	1,33	-19

Meetreeks P8104 (11/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,95	10,5	2090	3,6	-41
2	7,01	10,4	2100	1,5	-60
3	7,1	10,2	2110	0,47	-61
4	7,11	10,2	2320	0,25	-80
Stabiel	7,11	10,2	2320	0,25	-80

Meetreeks P8104 (18/06/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	6,78	13,7	3550	0,53	-132

Meetreeks P8104 (27/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,82	16,1	3060	0,53	143
2	6,88	15,8	3110	0,23	145
3	6,94	15,8	3100	0,11	153
Stabiel	6,94	15,7	3090	0,06	154

Meetreeks P8104 (08/09/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,11	19,3	2490	0,41	126
2	7,09	19,3	2470	0,28	124
3	7,07	19,3	2460	0,17	122
4	7,05	19,3	2460	0,14	121
Stabiel	7,05	19,3	2460	0,14	121

Meetreeks P8104 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,21	11,3	2430	0,69	126
2	7,18	11,2	2310	0,42	121
3	6,81	11,1	2300	0,2	136
4	6,79	11,1	2300	0,11	140
Stabiel	6,79	11,2	2310	0,11	142

Meetreeks P8104 (29/10/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	5,09	13,6	332	0,14	-86
2	4,83	13,6	332	0,14	-89

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
3	4,83	13,6	328	0,14	-93
4	4,83	13,6	325	0,14	-93
Stabiel	4,83	13,6	325	0,14	-93

Meetreks P8104 (10/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,97	9,3	3390	1	-164
2	6,97	9,4	3380	0,76	-145
3	6,96	9,4	3390	0,65	-132
4	6,95	9,6	3390	0,57	-131
Stabiel	6,94	9,6	3400	0,55	-130

Meetreks P8104 (14/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,39	16,2	2210	0,63	-66
2	7,2	15,2	2460	0,35	-52
3	7,18	15,2	2540	0,21	-44
4	7,14	15,2	2530	0,16	-47
Stabiel	7,11	15,2	2530	0,14	-42

Meetreks P8104 (25/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,81	16,9	3470	0,06	-111
2	6,86	16,2	3430	0,04	-121
3	6,88	17,2	3390	-0,02	-126
4	6,83	17,1	3380	-0,03	-128
Stabiel	6,87	17,2	3350	-0,04	-129

P8105

Meetreks P8105 (22/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
Stabiel	6,89	7,9	1730	1,87	-1

Meetreks P8105 (11/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,28	10,9	2150	4,5	-40
2	7,16	10,9	2080	0,34	-45
3	7,15	11	2110	0,2	-50

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
4	7,15	11	2110	0,16	-71
Stabiel	7,15	11	2110	0,16	-71

Meetreks P8105 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,02	10,6	2080	0,34	-111
2	7,09	10,7	2070	0,35	-113
3	7,1	10,8	2060	0,27	-110
4	7,1	11,1	2050	0,11	-120
Stabiel	7,08	11,2	2040	0,15	-129

Meetreks P8105 (27/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,1	17	2960	0,19	145
2	7,1	17,1	2990	0,16	143
Stabiel	7,09	17	2990	0,17	149

Meetreks P8105 (09/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,99	9,9	2470	1,41	-113
2	6,92	9,9	2430	0,71	-156
3	7,08	9,9	2400	0,55	-172
4	7,22	9,9	2420	0,46	-178
Stabiel	7,24	9,9	2430	0,42	-182

Meetreks P8105 (14/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,13	14,4	2410	0,3	-91
2	7,11	14,4	2430	0,21	-91
3	7,07	14,4	2430	0,17	-90
4	7,05	14,4	2450	0,11	-92
Stabiel	7,02	14,4	2440	0,1	-93

P8106

Meetreks P8106 (23/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	7,57	11,1	1450	0,33	-96

Meetreeks P8106 (10/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,57	105	1510	3,2	100
2	7,37	10,5	1510	1,44	94
3	7,22	10,7	1510	1,4	84
4	7,16	10,9	1520	0,6	74
Stabiel	7,16	10,9	1520	0,6	74

Meetreeks P8106 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	9,09	10,8	1120	1,09	280
2	8,54	10,6	1160	0,88	270
3	8,04	10,6	1160	0,52	273
4	7,84	10,6	1170	0,28	277
Stabiel	7,84	10,6	1160	0,27	270

Meetreeks P8106 (18/06/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	7,12	13,7	1860	0,26	-199

Meetreeks P8106 (27/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,13	13,7	1350	0,11	225
2	7,14	14,6	1790	0,03	255
3	7,16	15	1780	-0,01	272
Stabiel	7,17	14,8	1770	-0,03	282

Meetreeks P8106 (08/09/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,19	18,9	1750	0,21	77
2	7,17	18,9	1740	0,18	75
3	7,16	18,9	1730	0,14	73
4	7,16	18,9	1730	0,13	72
Stabiel	7,16	18,9	1730	0,13	72

Meetreeks P8106 (29/10/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	5,6	13,4	218	0,18	-90
2	5,35	13,4	205	0,17	-92

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
3	5,31	13,5	190	0,15	-94
4	5,31	13,5	180	0,15	-94
Stabiel	5,31	13,5	180	0,15	-94

Meetreks P8106 (09/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,44	10,3	1300	1,54	-6
2	7,41	10,2	1310	0,79	-48
3	7,16	10,6	1670	0,37	-143
Stabiel	7,17	10,7	1740	0,15	-180

Meetreks P8106 (13/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,88	14,2	1620	0,32	-80
2	7,14	14,2	1590	0,22	-92
3	7,13	15	1580	0,13	-116
4	7,13	15,2	1580	0,12	-124
Stabiel	7,13	15,2	1580	0,12	-138

Meetreks P8106 (25/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7	17,2	1620	-0,09	-192
2	7,13	16,9	1610	-0,09	-198
3	7,22	17,7	1610	-0,08	-202
Stabiel	7,18	17,8	1610	-0,7	-209

P8107

Meetreks P8107 (23/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
Stabiel	7,44	11,8	1400	0,32	-37

Meetreks P8107 (10/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,06	10,8	1340	3,15	37
2	7,1	10,8	1340	0,68	34
3	7,11	10,9	1330	0,56	30
4	7,12	10,9	1330	0,28	26
Stabiel	7,12	10,9	1330	0,28	26

Meetreeks P8107 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,3	10,7	1320	0,32	240
2	7,21	10,5	1250	0,08	211
3	7,16	10,5	1220	0,05	210
4	7,17	10,4	1220	0,05	210
Stabiel	7,16	10,4	1230	0,06	208

Meetreeks P8107 (27/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,04	14,2	1740	0,72	120
2	6,99	14,4	1750	0,37	132
3	7,06	14,4	1700	0,36	127
4	7,02	14,6	1700	0,3	125
Stabiel	7,02	14,6	1710	0,3	125

Meetreeks P8107 (10/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,1	9,8	1900	0,65	-92
2	7,13	10	1880	0,41	-104
3	7,1	10,2	1880	0,33	-102
4	7,11	10,4	1880	0,3	-109
Stabiel	7,09	10,3	1880	0,34	-110

Meetreeks P8107 (13/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	6,61	15,8	1530	0,48	-88

P8108

Meetreeks P8108 (23/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	7,48	10,5	1860	0,89	-25

Meetreeks P8108 (11/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	8,2	11	1480	4,7	23
2	7,73	10,8	1470	1,11	-4
3	7,35	10,2	1470	0,7	-32
4	7,41	10,2	1470	0,6	-37
Stabiel	7,41	10,2	1470	0,6	-37

Meetreks P8108 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,36	10,4	1700	0,26	-155
2	7,42	10,2	1660	0,21	-160
3	7,39	10,6	1650	0,23	-163
4	7,39	11,1	1650	0,22	-167
Stabiel	7,39	11,1	1640	0,18	-170

Meetreks P8108 (27/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,52	15,4	1590	0,28	10
2	7,49	15,4	1520	0,22	16
3	7,44	15,5	1540	0,22	20
4	7,49	15,5	1540	0,22	35
Stabiel	7,49	15,5	1540	0,21	35

Meetreks P8108 (10/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,44	9,7	1410	6,97	-27
2	7,34	9,8	1420	6,56	-31
3	7,32	10	1420	6,07	-47
4	7,31	10,1	1430	5,24	-52
Stabiel	7,3	10,1	1430	4,87	-55

Meetreks P8108 (13/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,42	17,4	1500	0,54	-130
2	7,33	17,2	1450	0,2	-128
3	7,21	17,2	1450	0,16	-131
4	7,22	17,2	1430	0,14	-142
Stabiel	7,22	17,2	1430	0,11	-149

P8109

Meetreks P8109 (22/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	6,99	9,9	1980	1,42	-23

Meetreeks P8109 (11/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,47	10,5	1490	3,92	-52
2	7,3	10,6	1500	3,88	-60
3	7,27	10,7	1600	3,81	-65
4	7,27	10,7	1770	3,8	-70
Stabiel	7,27	10,7	1770	3,8	-70

Meetreeks P8109 (09/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7	10,7	2730	2,22	-95
2	7,05	11,1	2480	1,31	-114
3	7,07	11,1	2430	0,69	-126
4	7,07	11,1	2370	0,47	-132
Stabiel	7,07	11,1	2350	0,45	-135

P8110

Meetreeks P8110 (22/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	6,13	8,3	990	0,96	-33

Meetreeks P8110 (11/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,56	12,4	1090	10,06	-48
2	7,57	12,2	1090	1,75	-31
3	7,02	12,3	1080	1,13	-20
4	7,02	12,3	1080	0,88	-7
Stabiel	7,02	12,3	1080	0,88	-7

Meetreeks P8110 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,4	11,4	1350	0,59	143
2	7,37	11,2	1160	0,27	158
3	7,35	11,1	1140	0,23	169
4	7,35	11,1	1140	0,21	170
Stabiel	7,36	11,1	1150	0,22	165

Meetreeks P8110 (27/01/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,06	9,6	1730	1,18	50
2	6,96	10,1	1450	0,59	-55
3	7,02	10,3	1440	0,48	-82
4	7,02	10,3	1430	0,43	100
Stabiel	7,02	10,3	1430	0,41	104

Meetreeks P8110 (14/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,71	15,9	1650	1,31	-78
2	7,32	15,7	1520	0,51	-72
3	7,21	15,4	1430	0,32	-77
4	7,14	15,1	1430	0,27	-78
Stabiel	7,11	15	1430	0,21	-78

P8201

Meetreeks P8201 (20/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
Stabiel	5,83	10,8	1470	0,46	-42

Meetreeks P8201 (10/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	5,75	11	1700	4,86	170
2	6,13	10,7	1700	4,27	114
3	6,4	10,6	1860	2,78	94
4	6,64	10,6	1930	0,66	66
Stabiel	6,64	10,6	1930	0,66	66

Meetreeks P8201 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,66	11,5	1910	0,4	-211
2	6,65	11,5	1920	0,19	-220
3	6,65	11,3	1940	0,16	-223
4	6,65	11,6	1930	0,15	-226
Stabiel	6,65	11,5	1940	0,14	-228

Meetreeks P8201 (23/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,16	17,1	1610	0,66	-191

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
2	7,05	16,9	1630	0,22	-209
3	6,96	16,7	1670	0,16	-212
4	6,89	15,9	1670	0,05	-218
Stabiel	6,88	15,7	1670	0,05	-219

Meetreeks P8201 (09/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,92	10,3	2070	1,19	-138
2	6,88	10,4	2150	0,62	-146
3	6,87	10,6	2170	0,49	-156
4	6,87	10,7	2160	0,42	-157
5	6,87	10	2180	0,34	-164
6	6,86	10	2180	0,31	-166
Stabiel	6,87	10	2180	0,29	-169

Meetreeks P8201 (13/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,13	14,3	2180	0,45	-68
2	6,96	14,3	1850	0,22	-68
3	6,91	14,3	1820	0,19	-68
4	6,9	14,3	1830	0,13	-68
Stabiel	6,9	14,3	1830	0,11	-70

P8202

Meetreeks P8202 (20/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	6,58	10,7	1370	0,76	-15

Meetreeks P8202 (10/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,73	11	1200	6,75	78
2	7,2	11,3	1230	3,01	68
3	7,15	11,3	1230	0,4	60
4	7,03	11,5	1230	0,36	44
Stabiel	7,03	11,5	1230	0,36	44

Meetreks P8202 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,91	11,3	1300	0,57	-214
2	6,89	11,3	1310	0,38	-216
3	6,89	11,5	1310	0,27	-218
4	6,89	11,3	1310	0,67	-215
Stabiel	6,88	11,3	1290	0,58	-218

Meetreks P8202 (23/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,88	17,5	1230	1,08	-224
2	7,41	16,6	1240	0,26	-215
3	7,28	16,1	1240	0,15	-209
4	7,1	14,8	1240	0,09	-214
Stabiel	7,09	14,7	1240	0,07	-214

Meetreks P8202 (09/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,04	11,7	1720	0,85	-113
2	7,02	11,9	1730	0,37	-131
3	7,03	12,2	1730	0,28	-138
4	7,02	12	1740	0,25	-140
Stabiel	7,01	11,8	1740	0,25	-141

Meetreks P8202 (13/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	4,55	15,4	1630	0,32	-96
2	5,36	14,3	1660	0,15	-87
3	6,75	14,7	1590	0,13	-86
4	6,95	14,8	1600	0,12	-87
Stabiel	6,98	14,8	1600	0,11	-87

P8203

Meetreks P8203 (20/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
Stabiel	6,49	0,82	1310	0,82	-21

Meetreks P8203 (10/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,5	11,6	1490	2,71	176

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
2	7,1	11,8	1960	0,99	-288
3	7,06	11,9	2050	0,18	-290
4	7,06	11,9	2070	0,07	-293
Stabiel	7,06	11,9	2070	0,07	-293

Meetreeks P8203 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,88	12	1920	0,97	-161
2	6,99	12,3	1810	0,46	-191
3	6,87	12	1840	0,22	-243
4	6,87	12,1	1850	0,15	-236
Stabiel	6,87	11,9	1860	0,13	-261

Meetreeks P8203 (23/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,51	14,8	1850	0,49	-217
2	7,23	15,3	1960	0,35	-246
3	7,18	14,8	2280	0,22	-300
4	7,2	15,1	2300	0,03	-304
Stabiel	7,21	15,1	2310	0,02	-305

Meetreeks P8203 (10/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,12	11	2650	0,09	-310
2	7,13	11,6	2640	0,09	-309
3	7,07	11,8	2600	0,09	-324
4	7,07	11,7	2610	0,08	-329
Stabiel	7,06	11,7	2610	0,09	-331

Meetreeks P8203 (13/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,98	14,8	2210	0,19	-101
2	7,11	15,1	2210	0,09	-154
3	7,11	15	2220	0,08	-181
4	7,11	15,1	2220	0,07	-204
Stabiel	7,11	15	2210	0,06	-211

P8204

Meetreeks P8204 (23/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,43	11,3	3100	0,7	-59
2	7,43	11,1	3140	0,71	-72
3	7,43	10,8	3280	0,7	-84
4	7,43	10,8	3350	0,7	-98
Stabiel	7,43	11	3380	0,7	-106

Meetreeks P8204 (11/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,28	10,7	2680	3,2	-64
2	7,1	11,6	3080	0,21	-76
3	7,1	11,6	3020	0,18	-79
4	7,02	11,6	3020	0,14	-83
Stabiel	7,02	11,6	3020	0,14	-83

Meetreeks P8204 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,53	12,5	3340	0,11	-229
2	6,58	12,5	3350	0,07	-241
3	6,97	12,5	3390	0,04	-248
4	6,95	12,6	3400	0,01	-256
Stabiel	6,95	12,8	3410	-0,02	-267

Meetreeks P8204 (23/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,28	16,2	2320	0,77	-164
2	7,13	15,7	2340	0,21	-174
3	7,03	15,5	2360	0,13	-174
4	7,01	15,7	2420	0,07	-195
Stabiel	7	15,7	2450	0,06	-198

Meetreeks P8204 (10/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,06	9,8	4210	0,82	-169
2	7,03	10,1	4310	0,66	-186
3	6,99	10,3	4380	0,49	-204
4	6,9	10,5	4430	0,35	-239
Stabiel	6,87	10,6	4440	0,31	-243

P8205

Meetreeks P8205 (22/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,79	8,1	1850	1,46	-9
2	6,78	8,3	1830	1,42	-9
3	6,76	8,1	1820	1,42	-9
4	6,76	8,1	1820	1,42	-9
Stabiel	6,76	8,1	1820	1,42	-9

Meetreeks P8205 (11/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,1	11	2970	2,5	-14
2	7,1	11,1	3100	0,5	-30
3	7,1	11,2	3150	0,52	-43
4	7,09	11,7	3150	0,21	-57
Stabiel	7,09	11,7	3150	0,21	-57

Meetreeks P8205 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,07	11	3190	0,55	-239
2	7,06	11,1	3040	0,14	-251
3	7,04	11	3030	0,09	-252
4	7,04	11,1	3100	0,05	-253
Stabiel	7,04	11	3100	0,04	-253

Meetreeks P8205 (23/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,03	20,8	2660	2,63	-157
2	7,04	14,4	2440	3,03	-132
3	7,12	14,2	2440	1,23	-128
4	7,13	14,4	2430	0,69	-125
Stabiel	7,13	14,4	2430	0,67	-123

Meetreeks P8205 (09/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,13	9,1	3870	2,61	-85
2	7,08	9,5	4100	0,89	-115
3	7,04	9,7	4260	0,57	-139
4	6,95	10,2	4290	0,37	-160
Stabiel	6,93	10,3	4330	0,35	-168

Meetreks P8205 (14/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,14	15,9	3370	3,56	-96
2	7,11	15,9	3410	0,2	-95
3	7,09	15,9	3420	0,18	-98
4	7,07	15,4	3420	0,13	-95
Stabiel	7,08	15,4	3430	0,13	-95

P8206

Meetreks P8206 (23/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,38	11,8	1660	0,93	-33
2	7,38	11,5	1700	0,93	-81
3	7,38	11,8	1700	0,82	-91
4	7,38	11,6	1710	0,73	-99
Stabiel	7,38	11,5	1730	0,72	-103

Meetreks P8206 (10/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,34	11,6	1280	10,67	76
2	7,13	11,4	1440	1,84	70
3	7,22	11,4	1440	2,03	65
4	7,16	11,4	1440	2,03	60
Stabiel	7,16	11,4	1440	2,03	60

Meetreks P8206 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,81	11,6	1310	0,48	-218
2	6,84	11,9	1400	0,26	-225
3	6,84	11,2	1420	0,21	-230
4	6,84	11,1	1410	0,2	-232
Stabiel	6,84	11,2	1400	0,2	-233

Meetreks P8206 (23/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,75	15,8	1730	0,13	317
2	6,8	15,7	1730	0,03	323
3	6,8	15,5	1730	0,01	327
4	6,82	15,5	1730	0,01	331

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	6,82	15,6	1730	0,01	334

Meetreeks P8206 (09/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,98	11,6	1790	0,6	-164
2	6,96	11,6	1830	0,31	-190
3	6,94	11,7	1860	0,23	-201
4	6,93	11,8	1870	0,2	-207
5	6,92	11,9	1920	0,16	-212
Stabiel	6,92	11,8	1930	0,14	-212

Meetreeks P8206 (13/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7	14,6	1880	0,55	-113
2	6,97	14,6	1860	0,11	-117
3	6,95	14,8	1890	0,09	-122
4	6,94	14,8	1890	0,08	-125
Stabiel	6,94	14,8	1900	0,06	-127

P8207

Meetreeks P8207 (23/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	7,43	12,4	1810	0,36	-245

Meetreeks P8207 (10/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,99	11,1	1290	5,1	23
2	7,28	11,5	1300	0,09	-53
3	7,18	11,8	1330	0,06	-200
4	7,18	11,8	1330	0,06	-293
Stabiel	7,18	11,8	1330	0,06	-293

Meetreeks P8207 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,12	11,5	1220	0,32	331
2	7,09	11,4	1190	0,19	324
3	7,08	11,4	1190	0,12	308
4	7,08	11,4	1180	0,11	308

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	7,09	11,3	1190	0,12	315

Meetreeks P8207 (23/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,96	17	1480	0,14	342
2	6,71	17,1	1470	0,04	367
3	6,92	17,1	1470	0,03	376
4	6,98	17,3	1470	0,02	371
Stabiel	7,02	17,3	1470	0,01	374

Meetreeks P8207 (10/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,08	10,5	1710	0,16	-239
2	7,08	10,5	1720	0,11	-256
3	7,08	10,8	1730	0,09	-272
4	7,07	10,9	1720	0,1	-284
Stabiel	7,07	10,9	1730	9	287

P8208

Meetreeks P8208 (23/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,27	11,4	2030	0,75	-89
2	7,27	11,5	2030	0,8	-86
3	7,27	11,4	2050	0,82	-89
4	7,27	11,4	2030	0,82	-94
Stabiel	7,27	11,4	2030	0,84	-91

Meetreeks P8208 (11/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,3	10,9	1440	2,44	-30
2	6,98	11,3	1730	0,3	-56
3	6,97	11,4	1720	0,24	-64
4	6,93	11,5	1710	0,12	-70
Stabiel	6,93	11,5	1710	0,12	-70

Meetreeks P8208 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,77	9,6	1880	0,88	131

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
2	6,71	9,8	1830	0,7	131
3	6,72	9,8	1840	0,51	133
4	6,72	9,8	1830	0,41	136
Stabiel	6,73	9,8	1850	0,41	136

Meetreks P8208 (23/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,53	14,8	2200	0,35	195
2	6,55	14,7	2210	0,17	209
3	6,72	14,7	2200	0,12	212
4	6,72	14,4	2190	0,09	213
Stabiel	6,73	14,4	2180	0,07	214

Meetreks P8208 (10/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,92	10	2220	2,71	-105
2	6,79	10,7	2310	0,66	-124
3	6,8	11	2330	0,41	-129
4	6,81	11,1	2340	0,35	-132
Stabiel	6,79	10,7	2310	0,66	-124

Meetreks P8208 (13/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,1	15,7	2120	1	-95
2	6,97	15,6	2090	0,18	-96
3	6,96	15,6	2080	0,14	-96
4	6,95	15,7	2040	0,11	-100
Stabiel	6,94	15,7	2030	0,12	-98

P8209

Meetreks P8209 (22/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,13	10	1920	1,57	-31
2	7,06	10,2	1920	1,52	-27
3	6,97	10,3	1890	1,52	-24
4	6,94	10,3	1890	1,52	-24
Stabiel	6,94	10,3	1890	1,52	-24

Meetreeks P8209 (11/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,51	11,1	2030	7,52	-64
2	7,25	11,5	2580	0,27	-76
3	7,2	11,5	2600	0,1	-80
4	7,18	11,5	2650	0,07	-107
Stabiel	7,18	11,5	2650	0,07	-107

Meetreeks P8209 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,01	13,1	2530	0,42	111
2	6,99	12,8	2610	0,11	119
3	7,02	12,4	2640	0,06	140
4	7,01	12,4	2660	0,06	145
Stabiel	7,02	12,3	2640	0,06	143

Meetreeks P8209 (23/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,92	17,1	3550	0,58	133
2	6,94	17	3550	0,25	216
3	6,97	16,8	3520	0,16	235
4	7,02	16,7	3530	0,12	236
Stabiel	7,02	16,5	3520	0,09	240

Meetreeks P8209 (09/02/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,08	11,5	3600	0,88	-119
2	7,09	11,7	3590	0,41	-128
3	7,1	12,6	3610	0,16	-135
4	7,13	12,6	3630	0,1	-123
Stabiel	7,14	12,6	3640	0,08	-120

Meetreeks P8209 (14/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,14	15	3000	0,36	-81
2	7,29	15,2	3000	0,21	-82
3	7,3	15,3	3010	0,19	-82
4	7,34	15,3	3010	0,17	-83
Stabiel	7,35	15,3	3000	0,15	-84

P8210

Meetreeks P8210 (22/01/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,02	8,1	1970	1,59	-11
2	6,93	8,2	1930	1,57	-8
3	6,88	8,2	1930	1,56	-6
4	6,86	8,2	1930	1,56	-6
Stabiel	6,81	8,2	1930	1,56	-6

Meetreeks P8210 (11/03/2020)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,62	11,6	1930	3,2	-32
2	7,56	12	2100	1,04	-35
3	7,56	12,2	2300	0,13	-50
4	7,11	12,2	2320	0,13	-66
Stabiel	7,11	12,2	2320	0,13	-66

Meetreeks P8210 (25/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,96	11,9	1920	0,52	-86
2	6,92	12	2060	0,33	-102
3	6,91	12,3	2080	0,25	-103
4	6,9	12,7	2080	0,17	-114
Stabiel	6,9	12,7	2090	0,15	-117

Meetreeks P8210 (27/01/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,41	10,9	2210	1,43	125
2	7,1	10,9	2250	1,07	135
3	7,1	10,2	2260	0,55	140
4	7,12	10,2	2280	0,51	145
Stabiel	7,14	10,3	2310	0,38	149

Meetreeks P8210 (14/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,14	14,8	2270	0,73	-92
2	7,13	14,9	2290	0,26	-92
3	7,13	14,9	2300	0,18	-94
4	7,13	14,9	2310	0,14	-94
Stabiel	7,11	14,9	2300	0,12	-94

P910

Meetreks P910 (03/12/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,83	10,6	2160	0,77	-136
2	6,84	10,3	2210	0,7	-142
3	6,82	10,5	2230	1,52	-138
4	6,82	10,6	2210	0,92	-139
Stabiel	6,82	10,6	2230	1,44	-144

P911

Meetreks P911 (03/12/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,81	10,3	3250	0,98	-263
2	6,81	10,3	3250	1,23	-258
3	6,81	10,2	3250	1,09	-262
4	6,81	10,2	3210	0,75	-259
Stabiel	6,81	10,3	3250	0,82	-265

P912

Meetreks P912 (03/12/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,1	8	2260	0,95	-84
2	7,07	7,7	2250	1,06	-70
3	7,09	8,2	2260	0,88	-76
4	7,07	7,8	2260	0,78	-79
Stabiel	7,07	7,7	2260	0,69	-89

P913

Meetreks P913 (03/12/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,32	9,5	2890	1,43	-184
2	7,3	9,5	2880	2,02	-161
3	7,3	8,9	2880	1,78	-179
4	7,32	9,5	2880	1,9	-165
Stabiel	7,32	9,5	2880	1,65	-159

P914

Meetreks P914 (03/12/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
Stabiel	6,83	10,4	5500	12,57	-122

P5008A

Meetreeks P5008A (03/12/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	6,9	11,8	1740	0,88	-112
Stabiel	6,87	11,5	1720	0,57	-121

P5008B

Meetreeks P5008B (03/12/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,17	9,4	2220	71	-104
2	7,15	9,2	2240	0,41	-109
3	7,17	9,3	2210	0,75	-119
4	7,13	9,3	2230	1,88	-112
Stabiel	7,17	9,3	2210	0,5	-125

Zone 3: Centraal

P7301

Meetreeks P7301 (10/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	7,04	15,6	4470	0,61	-84

Meetreeks P7301 (26/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,94	10,2	2980	11,42	-184
2	7,95	8,7	2960	12,3	-165
3	8,21	8,6	2960	12,3	-162
4	8,26	8,4	2960	12,3	-164
Stabiel	8,3	8,7	2960	12,2	-151

Meetreeks P7301 (23/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,12	16,1	2080	0,35	-315
2	7,21	15,5	2150	0,08	-336
3	7,25	15,3	2350	0,02	-348
4	7,22	15,2	2410	0,01	-352
Stabiel	7,22	15,2	2530	0,01	-354

Meetreks P7301 (27/01/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	8,46	10,9	4950	0,59	291
2	7,67	10,8	4970	0,21	316
3	7,63	10,5	5010	0,14	305
4	7,59	10,6	5000	0,11	302
Stabiel	7,58	10,7	5010	0,11	317

P7302

Meetreks P7302 (14/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
Stabiel	7,53	14,9	5980	0,9	-225

Meetreks P7302 (08/02/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,92	7,4	6000	0,44	-310
2	7,81	7,5	6010	0,48	-312
3	7,82	8,1	6010	0,33	-316
4	7,8	8,3	6000	0,14	-322
Stabiel	7,8	8,3	6010	0,17	-323

Meetreks P7302 (23/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,88	17,1	7300	0,05	-320
2	7,83	15,9	7460	0,03	-342
3	7,76	15,6	7530	0,02	-355
4	7,53	15,8	7780	0,02	-365
Stabiel	7,51	15,8	7790	0,02	-369

Meetreks P7302 (27/01/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,75	10,2	7260	0,59	-256
2	7,71	10,8	7290	0,14	-270
3	7,65	11	7350	0,06	-295
4	7,61	11,1	7410	0,04	-305
Stabiel	7,6	11,1	7430	0,03	-311

P7303

Meetreeks P7303 (10/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	7,65	14,7	4890	0,33	-123

Meetreeks P7303 (26/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,45	11,6	3310	11,38	-167
2	7,45	11	3290	11,72	-165
3	7,4	11,1	3300	11,67	-160
4	7,41	11,1	3290	11,69	-161
Stabiel	7,41	11,1	3290	11,69	-161

Meetreeks P7303 (23/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	4,7	17	2370	1,15	189
2	7,1	16,7	2260	0,34	212
3	7,12	16,6	4450	0,25	210
4	7,12	17	4460	0,24	208
Stabiel	7,12	17	4470	0,22	205

Meetreeks P7303 (27/01/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,45	10,4	5050	0,35	207
2	7,5	10,4	4370	0,26	207
3	7,32	10,4	4620	0,23	207
4	7,35	10,4	4760	0,21	207
Stabiel	7,5	10,4	4770	0,2	209

Meetreeks P303 (14/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,38	16,4	4050	1,33	-142
2	7,34	16,1	4040	0,21	-155
3	7,34	16	4020	0,15	-156
4	7,32	15,8	3990	0,11	-159
Stabiel	7,3	15,8	3980	0,09	-161

P7304A

Meetreeks P7304A (10/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	7,61	14,5	39300	0,26	-346

Meetreeks P304A (08/02/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	8,04	8,9	18790	0,42	-358
2	7,99	9	18600	0,12	-359
3	7,86	9	18540	0,09	-365
4	7,86	9,2	18550	0,05	-363
Stabiel	7,87	9,2	18550	0,05	-363

Meetreeks P7304A (23/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	7,54	16	20000	3,7	385

Meetreeks P304A (27/01/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	8,18	10,7	-	0,5	340
2	8,18	10,9	-	0,14	386
3	8,07	10,9	-	0,1	378
4	7,49	10,8	-	0,08	379
Stabiel	8,04	10,8	2 ^e 7	0,07	379

Meetreeks P304A (14/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	7,76	14,7	14300	0,59	-170

P7401

Meetreeks P7401 (10/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	7,37	16	8280	0,61	-67

Meetreeks P7401 (08/02/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,38	10,8	12470	2,61	300
2	7,3	10,6	11800	1,03	293
3	7,25	10,6	11760	0,82	290
4	7,26	10,6	11760	0,72	291
Stabiel	7,26	10,6	11770	0,69	290

Meetreks P7401 (23/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,32	16,3	11070	0,9	273
2	7,23	15,5	11490	0,26	288
3	7,36	15,5	11280	0,08	297
4	7,32	15,6	11430	0,04	305
Stabiel	7,35	15,5	11600	0,02	321

Meetreks P7401 (27/01/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,81	11,4	10440	0,67	257
2	7,54	11,2	10490	0,18	256
3	7,54	11,3	11100	0,12	303
Stabiel	7,48	11,5	11280	0,11	315

Meetreks P7401 (14/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,59	14,1	7990	0,4	-78
2	7,56	14,1	8030	0,22	-87
3	7,54	14,1	8070	0,14	-92
4	7,51	14,1	8100	0,11	-95
Stabiel	7,5	14	8110	0,09	-96

P7402

Meetreks P7402 (10/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
Stabiel	7,14	15,3	28000	0,35	-106

Meetreks P7402 (08/02/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,35	10,4	20000	2,47	365
2	7,21	10,3	20000	1,56	362
3	7,16	10,3	20000	0,89	360
4	7,14	10,4	20000	0,63	359
Stabiel	7,14	10,3	20000	59	359

Meetreks P7402 (23/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
Stabiel	6,94	17	20000	0,3	371

P7510

Meetreeks P7510 (10/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	6,48	14,2	16000	0,15	-380

Meetreeks P7510 (02/02/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,09	12,5	6300	2,08	-365
2	7,06	12,3	6200	2,01	-354
3	6,89	12,2	6230	0,62	-328
4	6,9	12,2	6200	0,15	-328
Stabiel	6,89	12,2	6220	0,15	-330

Meetreeks P7510 (23/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,38	17,2	8600	1,06	-287
2	7,26	15,6	12870	0,87	-305
3	7,14	15,3	13320	0,31	-329
4	7,13	15,3	13370	0,21	-349
5	7,10	15,8	13680	0,09	-354
Stabiel	7,09	15,9	13690	0,08	-358

Meetreeks P7510 (27/01/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,22	10,6	6040	0,7	-167
2	7,12	10,6	11210	0,15	-280
3	7,07	10,8	11970	0,09	-330
4	7,06	10,8	12330	0,08	-340
Stabiel	7,06	10,8	12340	0,08	-350

Meetreeks P7510 (14/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,37	15,6	5390	1,16	-84
2	7,24	13,9	7220	0,19	-179
3	7,29	13,9	7390	0,15	-240
4	7,28	13,9	7400	0,1	-256
Stabiel	7,25	13,9	7490	0,09	-264

P7511

Meetreeks P7511 (10/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
Stabiel	6,62	14,2	4640	0,31	-96

Meetreeks P7511 (02/02/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,09	11,5	2390	3,92	120
2	7,06	11	2320	2,09	128
3	6,98	11,4	2300	0,85	128
4	6,97	11,4	2300	0,27	127
Stabiel	6,98	11,3	2300	0,28	127

Meetreeks P7511 (23/07/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,21	15,7	4550	2,87	-238
2	7,15	15,5	4680	0,88	-242
3	7,11	15,3	4770	0,29	-246
4	7,07	15,3	4640	0,11	-248
Stabiel	7,05	15,2	4630	0,06	-249

Meetreeks P7511 (27/01/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	6,9	10,4	3080	1,42	-56
2	6,92	10,9	3100	0,79	-81
3	6,84	10,6	3110	0,59	-84
4	6,9	10,5	3110	0,51	-80
Stabiel	6,91	10,6	3110	0,48	-79

Meetreeks P7511 (14/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,52	15,1	4000	0,56	-160
2	7,37	14,8	3670	0,31	-161
3	7,26	15,1	3610	0,19	-169
4	7,22	15	3580	0,17	-174
Stabiel	7,2	15	3560	0,14	-175

Referentiezone 3: Centraal terrein

P7503

Meetreks P7503 (10/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	8,17	13,7	2530	0,34	-207
2	8,55	13,6	2570	0,32	-269
3	8,6	13,6	2580	0,31	-288
4	8,6	13,7	2580	0,29	-307
Stabiel	8,6	13,7	2580	0,29	-320

Meetreks P7503 (26/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,59	6,6	2020	11,7	-197
2	7,55	9,1	1810	13,11	-256
3	7,44	8,9	1190	13,05	-264
4	7,44	8,9	1690	12,89	-269
Stabiel	7,49	8,9	1650	13	-213

Meetreks P7503 (27/01/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,32	11,1	3680	0,36	-205
2	7,35	11,2	3190	0,22	-247
3	7,3	11,2	2970	0,9	-269
4	7,33	11,2	2810	0,2	-271
Stabiel	7,35	11,2	2830	0,7	-298

Meetreks P7503 (13/07/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,59	14,4	2450	0,56	-102
2	7,58	14,8	2120	0,23	-128
3	7,59	15,2	1970	0,14	-161
4	7,59	15,4	1950	0,11	-172
Stabiel	7,59	15,5	1920	0,11	-165

P7504

Meetreks P7504 (09/10/2019)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotentiaal (mV)
1	7,47	14	12400	0,22	-238
2	7,47	14	12600	0,22	-252
3	7,47	14,1	12700	0,22	-286
4	7,37	14,2	13500	0,22	-322
Stabiel	7,27	14	14100	0,20	-346

Meetreeks P7504 (26/01/2021)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
Stabiel	7,62	4,3	2	12,95	-89

Meetreeks P7504 (27/01/2022)

	pH	temperatuur (°C)	geleidbaarheid (µS/cm)	zuurstofgehalte (mg/l)	redoxpotential (mV)
1	7,2	11,5	2520	0,8	207
2	6,95	11,5	7180	0,15	335
3	7,15	11	8790	0,1	336
Stabiel	7,16	10,9	8700	0,09	335

III.4 Boorprofielen

Overzicht van de profielen met X/Y/Z-coördinaten:

Naam	X-coördinaat	Y-coördinaat
P7502	68,292	223,613
7505	68,473	223,636
P7511	68,433	223,518
P7510	68,431	223,519
P7504	68,318	223,482
P7503	68,317	223,483
P7401	68,409	223,55
P7301	68,402	223,535
P7303	68,420	223,510
P7402	68,428	223,524
7304	68,441	223,527
P7302	68,423	223,552
P7206	68,452	223,618
7207	68,477	223,621
P7304A	68,442	223,527
P7607	68,476	223,621
P7606	68,450	223,619
P7610	68,496	223,614
P7209	68,512	223,612
P7609	68,512	223,614
P7608	68,500	223,626
P7611	68,515	223,599
7509	68,417	223,541
7501	68,290	223,614
7506	68,499	223,639
P7604	68,489	223,641
P7204	68,491	223,641
P7205	68,506	223,637
P7605	68,505	223,637
P7208	68,502	223,628

Naam	X-coördinaat	Y-coördinaat
P7203	68,484	223,635
P7603	68,482	223,635
7602	68,465	223,637
P7202	68,467	223,636
P7201	68,449	223,634
P7601	68,447	223,636
P5008b	68,293	223,608
P910	68,314	223,626
P911	68,314	223,626
P912	68,289	223,625
P913	68,265	223,621
P914	68,265	223,621
P8101	68,249	223,607
P8102	68,269	223,607
P8103	68,289	223,606
P8104	68,312	223,610
P8105	68,332	223,614
P8106	68,258	223,613
P8107	68,279	223,613
P8108	68,301	223,615
P8109	68,321	223,619
P8110	68,342	223,623
P8201	68,251	223,607
P8202	68,271	223,607
P8203	68,291	223,606
P8204	68,313	223,610
P8205	68,334	223,615
P8206	68,260	223,613
P8207	68,281	223,613
P8208	68,303	223,616
P8209	68,323	223,619
P8210	68,344	223,623
P8301	68,250	223,607

Naam	X-coördinaat	Y-coördinaat
P8302	68,270	223,606
P8303	68,290	223,605
P8304	68,313	223,609
P8305	68,333	223,614
P8306	68,259	223,614
P8307	68,280	223,614
P8308	68,302	223,616
P8309	68,322	223,620
P8310	68,343	223,624

III.5 Analysecertificaten

Worden apart verzameld.

III.6 Analyseresultaten en toetsing resultaten Carcoke site en ftopiles

Deze resultaten worden apart gegeven in excel-tabellen :

- Piloot 1, ref1, en 4 : grondanalyses
- Piloot 1, ref1, en 4 : grondwateranalyses
- Zijdelings Vaartje : grondanalyses boringen
- Zijdelings Vaartje : grondanalyses slib
- Ftopiles : grondanalyses
- Naftaleen grondwater : vergelijking tussen BTEX- en PAK-methode

III.7 Toetsing resultaten fytopiles

III.8 Grafieken evolutie grondconcentraties oever Zijdelings Vaartje

CONCEPT VOOR FYTOREMEDIATIE

17 februari 2020

Opdrachtgever: OVAM, Stationsstraat 110, 2800 Mechelen

Onderwerp: **Concept voor fytoremediatie in het kader van het RESANAT-project.**

Interreg 
EUROPESE UNIE
Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling




bio2clean
GROWING CLEAN SOILS

www.bio2clean.be
info@bio2clean.be

Ing. Dirk Dubin
managing partner

+32 (0)495 99 71 14
Mombeekdreef 44
3500 Hasselt

Mario Clemmens, MSc
managing partner

+32 (0)494 50 84 15
Karel Grimminckweg 2
8978 Watou (Poperinge)

INHOUD

1	INLEIDING	1
2	KENMERKEN VAN DE BODEM	3
2.1	BODEMSAMENSTELLING EN GEGEVENS BETREFFENDE HET GRONDWATER	3
2.1.1	GEOLOGISCHE OPBOUW	3
2.1.2	HYDROGEOLOGIE	4
2.2	VASTGESTELDE VERONTREINIGING IN HET VASTE DEEL VAN DE BODEM	6
2.3	VASTGESTELDE VERONTREINIGING IN HET GRONDWATER	9
3	FYTOREMEDIATIE	12
3.1	ALGEMEEN	12
3.2	WAT GEBEURT ER BIJ METAALVERONTREINIGINGEN?	12
3.3	WAT GEBEURT ER BIJ ORGANISCHE STOFFEN?	13
3.4	WAT GEBEURT ER BIJ CYANIDEN?	13
3.5	BACTERIE-GEASSISTEERDE FYTOREMEDIATIE	14
4	CONCEPT FYTOREMEDIATIE	16
4.1	AANPAK	16
4.1.1	PILOOTZONE 1 (RAND CARCOKE-TERREIN)	16
4.1.2	PILOOTZONE 2 (OEVERZONE ZIJDELINGS VAARTJE)	16
4.1.3	PILOOTZONE 3 (SEDIMENT DE LIEVE - ENVISAN)	17
4.2	PLANTKEUZE	17
4.2.1	PILOOTZONE 1 (RAND CARCOKE-TERREIN)	17
4.2.2	PILOOTZONE 2 (OEVERZONE ZIJDELINGS VAARTJE)	18
4.2.3	PILOOTZONE 3 (SEDIMENT DE LIEVE - ENVISAN)	19
4.3	INRICHTING	20
4.3.1	PILOOTZONE 1 (RAND CARCOKE-TERREIN)	20
4.3.2	PILOOTZONE 2 (OEVERZONE ZIJDELINGS VAARTJE)	20
4.3.3	PILOOTZONE 3 (SEDIMENT DE LIEVE - ENVISAN)	21
4.4	BEHEER	22
4.4.1	PILOOTZONE 1 (RAND CARCOKE-TERREIN)	22
4.4.2	PILOOTZONE 2 (OEVERZONE ZIJDELINGS VAARTJE)	22
4.4.3	PILOOTZONE 3 (SEDIMENT DE LIEVE - ENVISAN)	22
4.5	MONITORING	23
5	PRIJSRAMING	24
6	HIATEN IN DE KENNIS	25
7	BIJLAGEN	26
	AFZONDERLIJKE BUNDEL IN PDF MET BIJLAGEN:	26

AUTEURSRECHTEN

© Dit Rapport valt onder het auteursrecht van bio2clean BVBA. Elke niet geautoriseerde reproductie of elk gebruik door iemand anders dan de geadresseerde is strikt verboden.

1 Inleiding

Op 16 mei 2019 werd door het provinciebestuur van Antwerpen dat optreedt als Managementautoriteit voor het Samenwerkingsprogramma Interreg VA Vlaanderen-Nederland beslist dat de OVAM als projectverantwoordelijke wordt belast met de uitvoering van het RESANAT-project zoals beschreven in de aanvraag (opgenomen in bijlage).

In RESANAT werken bio2clean en zes bedrijven uit Nederland en Vlaanderen samen met kennisinstelling Deltares en de Openbare Vlaamse Afvalmaatschappij (OVAM) om de herontwikkeling van verontreinigde locaties in Nederland en Vlaanderen te stimuleren.

Het RESANAT-project (REstverontreiniging Saneren met NATure-based Technieken) stimuleert herontwikkeling van verontreinigde locaties in Nederland en Vlaanderen, die nu bemoeilijkt wordt door de (kosten)intensieve aanpak van bodemverontreiniging met relatief persistente stoffen. Conventionele sanerings- en beheerstechnieken zijn prijzig, energie-intensief (bijv. grondafvoer of continue grondwaterzuivering) en vragen vaak langlopende, kostbare beheersmaatregelen voor restverontreiniging. Dit heeft een negatief effect op het ontwikkelpotentieel, verhoogt milieudruk (hoge water- en carbonfootprint) en beïnvloedt de milieukwaliteit van de omgeving.

Momenteel zijn voor deze locaties nog geen milieuvriendelijke en economisch rendabele oplossingen op de markt voor grondeigenaren, aannemers en adviseurs. Een groot deel van hen behoort tot MKB/KMO: 40% bij saneerders tot 80% bij bodemdeskundigen. Conventionele saneringstechnieken zijn vanwege de ongunstige kosten-baten afweging vaak moeilijk te vermarkten. Innovatie wordt in beide landen bemoeilijkt door de risico's die experimenten met zich meebrengen, die voor de saneerders en bodemdeskundigen lastig te dragen zijn.

Bij kennisinstututen en grotere adviesbureaus is echter volop innovatie gaande rond nature-based solutions (NbS), waarbij planten, micro-organismen, wind- en zonne-energie worden ingezet om restverontreiniging te beheersen. Hiermee kunnen verontreinigde gronden na conventionele sanering van de toplaag i.c.m. minder intensieve nature-based beheersing van de restverontreiniging eerder herontwikkeld worden. NbS beperken hierbij het gevaar voor gezondheid van mens en milieu, hebben lagere onderhoudskosten, en zijn duurzaam in energiegebruik. Deze technieken zijn echter nog onvoldoende gedemonstreerd, vooral in combinatie met persistente stoffen zoals PAK, om betrouwbaar, efficiënt en full-scale ingezet te kunnen worden.

Momenteel blijven veel gebieden ongebruikt in afwachting van sanering (bijv. Vlaamse brownfields) of zijn ze onderhevig aan langdurige beheersmaatregelen met gebruiksbepalingen (zoals de 2000 NL IBC-locaties), met name in stedelijke gebieden op gronden die qua ligging erg geschikt zijn voor ontwikkeling van woningen of bedrijvigheid. Dit verzwakt zowel in NL als VL, waar efficiënt grondgebruik vanwege hoge bevolkingsdichtheid van groot belang is, de druk op de beschikbare open ruimte, o.a. zichtbaar in de afgekondigde Vlaamse 'betonstop'.

Daarnaast stelt het 7e EU-milieuactieprogramma dat in 2020 sanering van de +500.000 vervuilde locaties in de EU in volle gang moet zijn. Nederland wil voor invoering van de omgevingswet in 2021 alle spoedeisende saneringslocaties aanpakken, terwijl Vlaanderen in 2036 sanering op alle locaties met historische bodemverontreiniging opgestart wil hebben. Ook vanuit de overheid is er daarom behoefte aan uitbreiding van beschikbare technieken met effectievere economisch rendabelere NbS, toegespitst op stedelijk grondgebruik in VL en NL.

Doel van RESANAT is het vergroten van de praktische toepasbaarheid van nature-based sanerings-, beheers- en monitoringstechnieken en hierop codes van goede praktijk te ontwikkelen. Hiermee wordt efficiënt gebruik van natuurlijke hulpbronnen (o.a. grond) gerealiseerd en aantasting van milieukwaliteit beperkt.

Voorliggend concept betreft de uitvoering van twee pilootproeven op een terrein gelegen aan de Lisseweegsesteenweg 12 in Brugge (vroegere Carcoke site) en een aanpalende site.

Uit de rapporten van de beschrijvende bodemonderzoeken blijkt dat op de betreffende terreinen een historische verontreiniging werd aangetroffen met minerale olie, BTEX, PAK's, zware metalen, cyanide en fenolen in vaste deel van de bodem en in het grondwater. Deze verontreiniging is een gevolg van de vroegere activiteiten van een cokesfabriek van 1900 tot 1996.

Op het voormalige terrein van de cokesfabriek werd een grootschalige bodem- en grondwatersanering uitgevoerd. Om stabiliteitsredenen was het niet mogelijk om alle verontreiniging aan de rand van het terrein en in de diepte weg te nemen. Deze restverontreiniging op de vroegere Carcoke site en de verontreiniging langs de oever van het Zijdelings Vaartje stroomafwaarts van de ex-Carcoke site vormen het onderwerp van twee pilootproeven.

Bijkomend wordt ook een pilootproef opgezet voor het ex-situ uitvoeren van fyto-remediatie op met minerale olie verontreinigd slib.

De ligging van de betreffende terreinen met aanduiding van de zones van de pilootproeven is weergegeven op het plan in bijlage 1.

2 Kenmerken van de bodem

2.1 Bodemsamenstelling en gegevens betreffende het grondwater

2.1.1 Geologische opbouw

In het betreffende gebied bestaan de bovenste 4 meter van de bodem uit oppervlakteveen, afzetting van Duinkerke, opvullingen van veenputten en aanvullingen en ophogingen van het terrein. Hierin komen zowel zand, leem, klei en veen voor. Daaronder vanaf 4 meter diepte is er kleihoudend zeer fijn zand, humushoudende leem alsook laagjes bestaande uit leemhoudend zeer fijn zand en leem van de afzetting van Eeklo.

Tijdens de ontgraving van het Carcoke terrein werd een veenlaag aangetroffen op 4 m diepte. Ook ondiep is er soms melding van veen.

Het is bekend dat de afzetting van Duinkerke zowel op vlak van uitbreiding als samenstelling de meest grillige natuurlijke quartaire afzetting is. Op het veen is ze dun (enkele meters) en vooral kleilig en lemig (zoals hier in de omgeving van Carcoke). In veenloze krekken is ze dikker (tot 10 m) en zandig. Het oppervlakteveen dat men gewoonlijk onmiddellijk op het pleistoceen aantreft had een oorspronkelijke dikte van 1,5 tot 3 meter. Zijn huidige dikte wordt echter bepaald door insnijding van de afzetting van Duinkerke maar vooral door de vroegere veenontginning (info uit de Ecosysteemvisie voor de Vlaamse Kust).

Diepte (m -mv)	Stratigrafie	Lithologie
0 – 4 à 5	Oppervlakteveen, afzettingen van Duinkerke, opvullingen van veenputten, aanvullingen en ophogingen van het terrein (quartair)	Zand, leem, klei en veen
4 à 5 – 10 à 12	Afzetting van Eeklo (quartair)	Kleihoudend zeer fijn zand, humushoudende leem, leemhoudende zeer fijne zand- en veenlaagjes
	Afzetting van Damme (quartair)	Leem en leemhoudend fijn zand
10 à 12 – 27	Afzetting van Moerkerke en afzetting van Zeebrugge (quartair)	Fijn tot middelmatig grof zand, grindhoudend middelmatig grof zand met weinig grof zand, weinig schelpengruis
27 – 40	Lid van Oedelem (Formatie van Aalter) (tertiair)	Fijn tot middelmatig grof grijs zand

(bron: Eindrapport Bodemsaneringsproject Carcoke NV (2010), Ecorem, ref.: B10/1144/01.017.R2)

Belangrijk:

In het kader van de bodemsaneringswerken werd het overgrote deel van het terrein uitgegraven, plaatselijk tot 4 meter diepte. Op deze diepte komt een veenlaag voor. De graafwerken werden op deze diepte gestopt omdat een verdere grondwatertafelverlaging door de aanwezigheid van het veen te grote zettingen kan veroorzaken en omdat deze veenlaag ook tot in zekere mate een afsluitende laag vormt die verdere verspreiding van de verontreiniging tegen houdt. Na heraanvulling van het terrein werd er plaatselijk ook tot één meter opgehoogd.

Rekening houdend met de gewijzigde bodemsamenstelling als gevolg van de uitgevoerde bodemsaneringswerken en om een meer gedetailleerd beeld te hebben ter plaatse van de pilootzones werd er bijkomend onderzoek uitgevoerd naar de geologische opbouw.

2.1.2 Hydrogeologie

Tijdens de vroegere bodemonderzoeken en tijdens de uitvoering van de bodemsaneringswerken varieerde de grondwaterstand tussen ca. 0,3 m en 2,5 meter diepte onder het (toenmalige) maaiveld.

De grondwaterstroming is globaal zuidwestelijk gericht. In het ondiepe pakket is er verder een beïnvloeding van de grondwaterstromingsrichting door waterlopen (Boudewijnkanaal, Oud Ferrydok, Zijdelings Vaartje en Lisseweegsevaart) vastgesteld. Uit de vroegere onderzoeken bleek dat de grondwaterstroming vooral door de drainerende werking van het Zijdelings Vaartje werd bepaald. Belangrijk hierbij is om op te merken dat de loop van het Zijdelings Vaartje in functie van de vroegere bodemsaneringswerken werd verlegd naar de zuidelijke rand van het terrein.

Volgens de kwetsbaarheidskaart van het grondwater wordt het grondwater ter plaatse van het betreffende terrein gekenmerkt als zeer kwetsbaar (categorie Ca.1). Verder is op de kwetsbaarheidskaart de freatisch watervoerende laag ter plaatse van het terrein als natuurlijk verzilt aangeduid (grondwater met een zoutgehalte van meer dan 1.500 mg/l op een diepte van minder dan 10 meter).

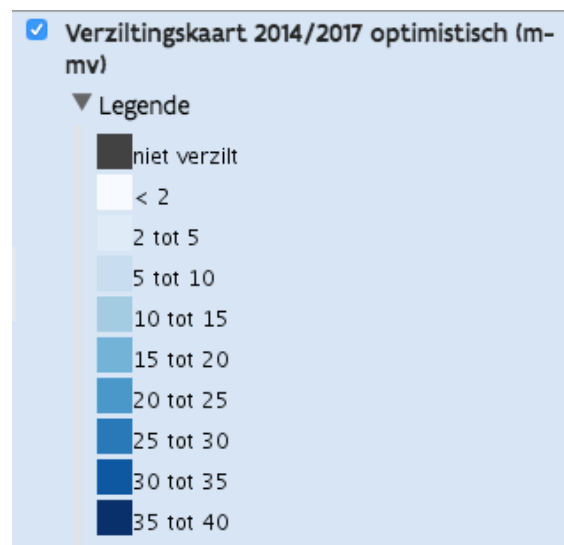
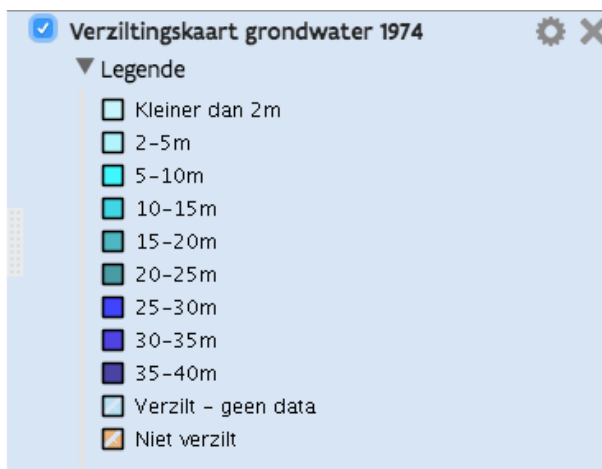
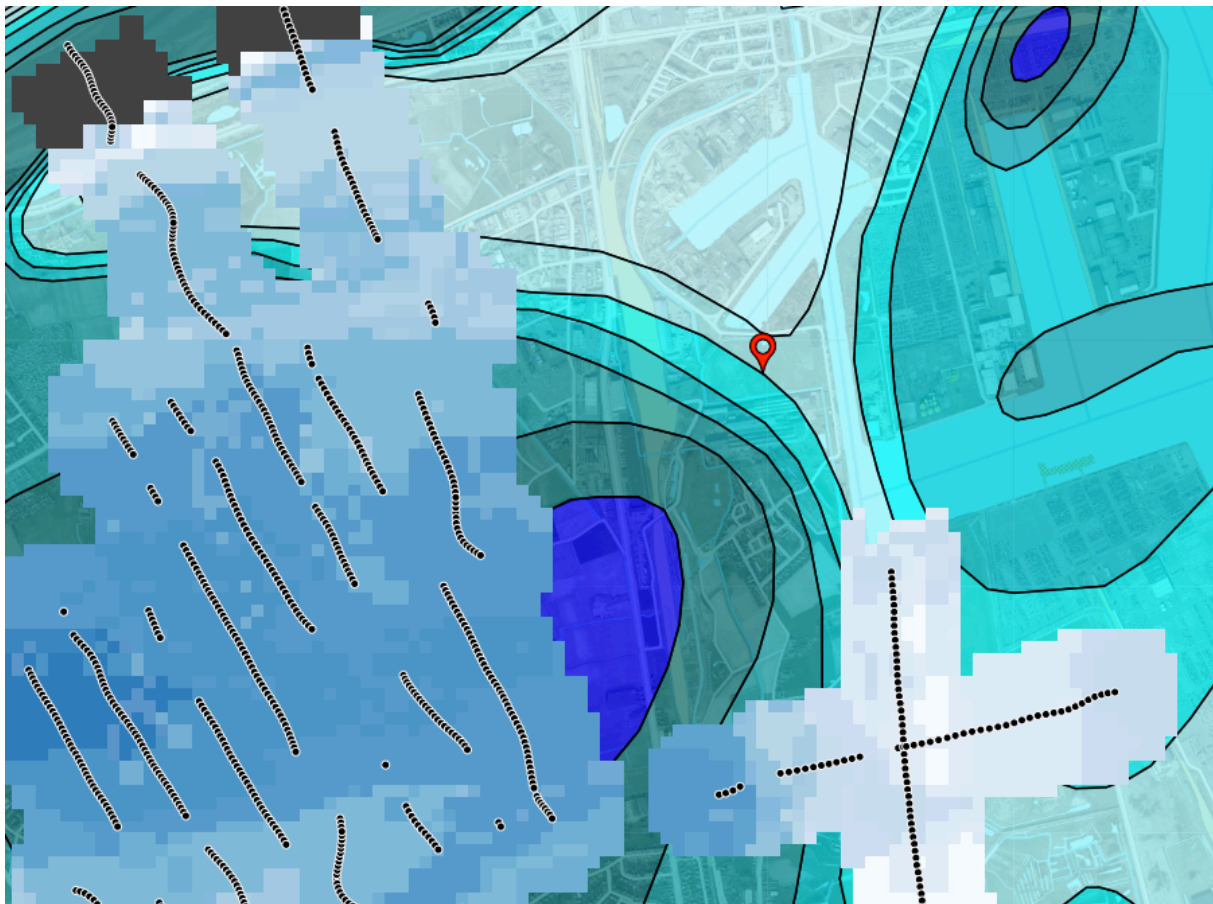
Rekening houdend met de gewijzigde bodemsamenstelling als gevolg van de uitgevoerde bodemsaneringswerken, de gewijzigde loop van het Zijdelings Vaartje en om een meer gedetailleerd beeld te hebben ter plaatse van de pilootzones werd er bijkomend onderzoek uitgevoerd naar hydrogeologie.

Op de grondwaterkwetsbaarheidskaart van de provincie West-Vlaanderen is de freatisch watervoerende laag ter plaatse van het terrein als natuurlijk verzilt aangeduid (grondwater met een zoutgehalte van meer dan 1.500 mg/l op een diepte van minder dan 10 meter).

Dit blijkt ook uit de verziltingskaarten (bron: DOV). Volgens de gegevens van 1974 kan de grens van de verzilting worden verwacht op een diepte van 2 tot 5 meter onder het vroegere maaiveld. Deze grens komt overeen met 1500 mg/l TDS.

Helikoptermetingen zijn hier niet beschikbaar maar de helikoptermetingen (zwarte stippen op de kaart) die in de ruime omgeving zijn uitgevoerd sluiten sterk aan bij de gegevens van 1974.

Voor verkrijgen van een meer gedetailleerd beeld van de verzilting ter plaatse van het betreffende terrein werden bijkomende analyses uitgevoerd waarvan de resultaten zijn opgenomen in dit concept. Het zoutgehalte van het grondwater kan namelijk een belangrijke impact hebben op de plantengroei.



2.2 Vastgestelde verontreiniging in het vaste deel van de bodem

De aanwezige restverontreiniging na uitvoering van de vroegere bodemsaneringswerken is weergegeven op de plannen in bijlage 2 tot bijlage 7.

Voor pilootzone 1 (hoek terrein) en zone 10 (centrale deel van het terrein) werden in december 2018 door Witteveen & Bos OIP-metingen (Optical Image Profiler) uitgevoerd om een gedetailleerder beeld te krijgen van de verontreiniging met PAK's.

De locaties van de EnISSA OIP-metingen (En+nr) zijn aangeduid op het plan in bijlage 8. Het verslag van de OIP-metingen is opgenomen in bijlage 9.

Resultaten van de OIP-metingen (bron: verslag van Witteveen & Bos):

Zone 1:

Geologie:

Voor de eerste 2 m-mv zijn er zeer hoge EC pieken waar te nemen. Dit soort hoge pieken zijn meestal toe te wijzen aan de aanwezigheid van metalen of assen. Tussen 2 en 6,5 m-mv zien we EC-waarden rond de 100 mS/m, wat wijst op een fijnere korrelgrootte. Opvallend is hier soms de heel geleidelijke toename van EC-waarden tussen 2 en 4 meter. Dit wijst op een geleidelijke afname in korrelgrootte. Onder 6,5 m-mv is er een afname in EC-waarden tot 50 mS/m, wat wijst op een toename in de korrelgrootte. Voor punt 7033 is er ook HPT-data voorhanden dat over het volledige profiel een eerder goede doorlaatbaarheid vertoont, afgezien van een laag rond 6 m-mv dat zeer slecht doorlatend is.

Verontreiniging:

In de bovenste meters van de sonderingen wordt verontreiniging aangetroffen, maar de respons en de diepte vertonen geen regelmaat. De verontreiniging komt in alle sonderingen voor tussen 5 en 7 m-mv. Uitzondering hierop is 7023G waar er ook tussen 3 en 4,5 m-mv een sterke aanwezigheid is van verontreiniging. Punt 7032G vertoont een zware verontreiniging tussen 1,5 en 7,2 m-mv. Er werd opgemerkt dat bij het bovenhalen, de stangen en sonde besmeurd waren met teer voor punt 7032G. Dit heeft als gevolg dat het daaropvolgende punt (7031G) een hoger respons vertoont gedurende de eerste 3 meter dan misschien normaal aanwezig is.

Opmerking:

Wegens de aanwezigheid van gasleidingen werden deze eerst door de beheerders uitgezet met paaltjes. Omwille van de aanwezigheid van kunststof gasleidingen kon er niet geboord worden tussen de metalen gasleiding en de Lanceloot Blondeellaan. Aangezien punt 7033G te dicht bij punt 7033 werd geplaatst, kon er geen goede registratie van de EC gebeuren, deze zal wel gelijklopend zijn aan de EC-waarden van punt 7033.

In zone 1 (hoekzone) werden op 19 en 20 augustus en op 25 september 2019 boringen uitgevoerd en peilbuizen geplaatst (in de hoekzone alsook in een referentiezone).

De boorbeschrijvingen zijn opgenomen in bijlage 21.

De bodemstalen werden onderzocht op pH, kleigehalte en de concentraties aan zware metalen, PAK's, minerale olie, BTEX en cyaniden.

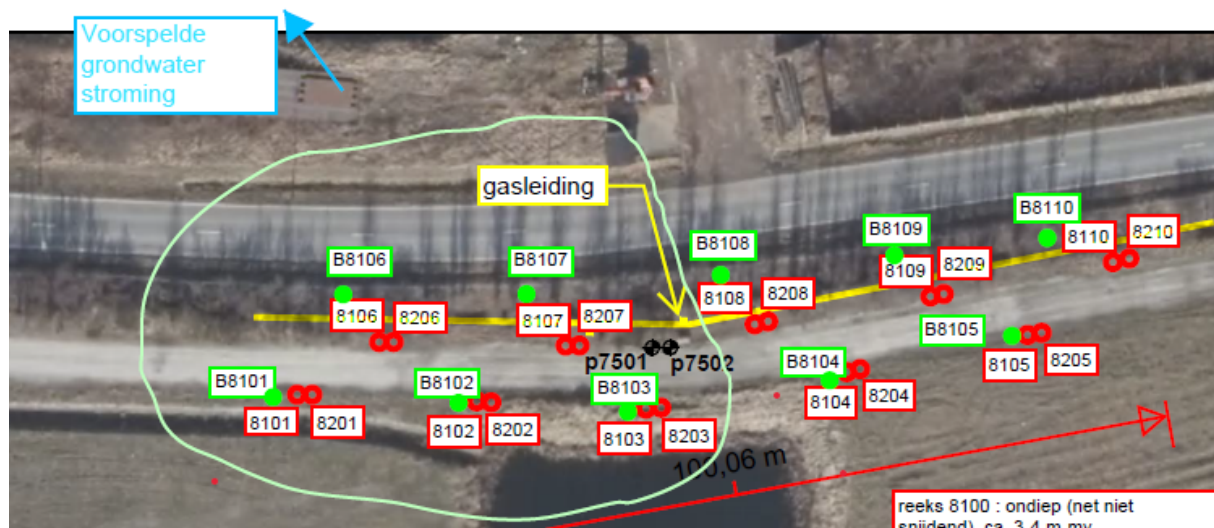
Op basis van de analyseresultaten blijkt dat er in de hoekzone **nagenoeg geen verontreiniging** met PAK's, minerale olie of BTEX in de bodem aanwezig is. Dit in tegenstelling tot wat de resultaten van de uitgevoerde OIP metingen aangaven.

In de referentiezone werd wel een duidelijke verontreiniging aangetroffen in het vaste deel van de bodem.

Op basis van de analyseresultaten werd er op 14/11/2019 dan ook beslist om de hoekzone te wisselen met de referentiezone.

De **nieuwe zone 1** bevindt zich aan de noordelijke rand van het terrein ter hoogte van de vijver. Uit de resultaten van vroegere bodemonderzoeken is bekend dat hier nog een aanzienlijke restverontreiniging aanwezig is.

Om de nog aanwezige restverontreiniging beter in kaart te brengen werden in januari 2020 door Witteveen & Bos 10 koppels peilbuizen geplaatst (8101/8201 tot 8110/8210). Dit gebeurde aan de hand van spoelboringen. Daarom was het nodig om in een verdere fase nog machinale boringen met staalname van de bodem uit te voeren. Vlak naast de koppels 8101/8201, 8102/8202, 8103/8203, 8104/8204 en 8105/8205 werden boringen (B8301, B8302, B8303, B8304 en B8305) met bodemstaalname uitgevoerd. De boringen B8306, B8307, B8308, B8309 en B8310 werden niet vlak naast hun respectievelijke peilbuiskoppels uitgevoerd maar dieper in de beplanting, tussen de omheining en de dienstweg.



De analyseresultaten van het vaste deel van de bodem in de nieuwe zone 1 zijn opgenomen in bijlage 24.

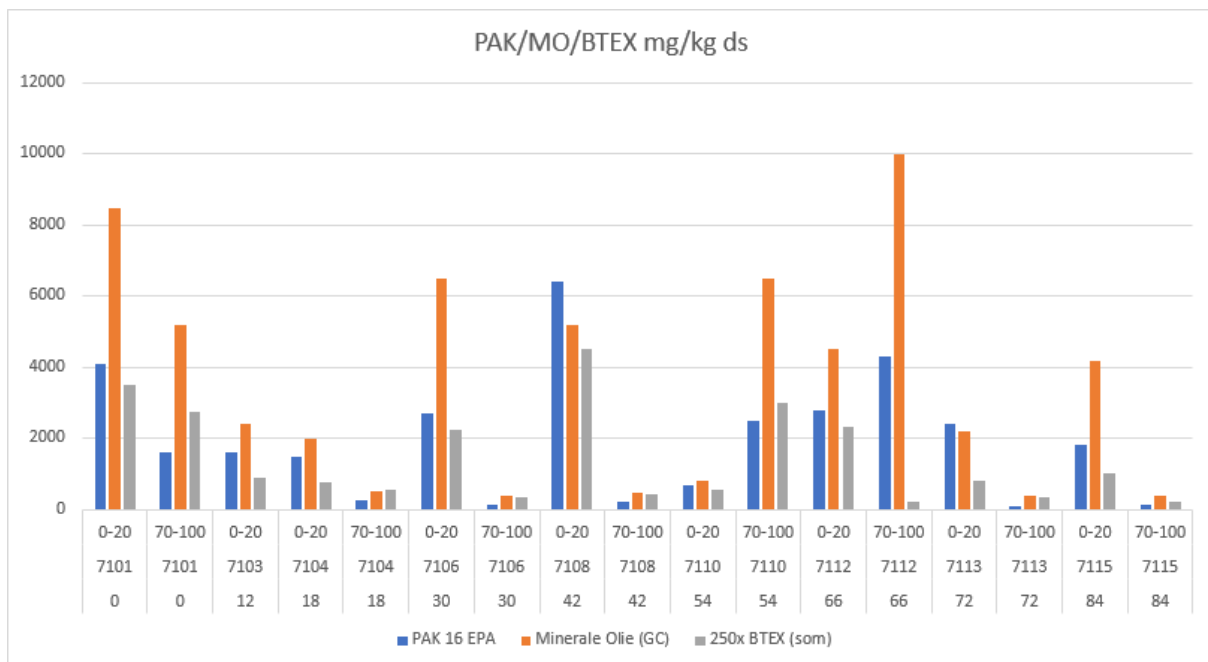
Zone 2:

Ter plaatse van pilootzone 2 (oeverzone) werden door Witteveen & Bos op 22 januari 2019 bodemstalen genomen en onderzocht op het gehalte aan PAK's, MO en BTEX.



De staalnamepunten zijn weergegeven op het overzichtsplan in bijlage 8.
De resultaten zijn weergegeven in de tabel in bijlage 10.

Onderstaande figuur geeft een overzicht van de resultaten (bron: Witteveen & Bos)



Phytopile:

De phytopile wordt zoals voorzien opgezet met sediment dat vrijkwam bij het ruimen van De Lieve.

Het sediment werd afgevoerd naar het erkende reinigingscentrum en tijdelijke opslagplaats van nv Envisan in Desteldonk waar het werd gelaguneerd, op rijen gelegd en verder ontwaterd.

Analyseresultaten van dit slib zijn opgenomen in bijlage 23.

Er kon bij de ruiming en bij de afvoer van het sediment geen onderscheid worden gemaakt tussen licht verontreinigd en sterker verontreinigd sediment. In die zin kunnen er ook geen afzonderlijke phytopiles worden opgezet in functie van de verontreinigingsgraad, zoals oorspronkelijk opgenomen in het RESANAT-project.

2.3 Vastgestelde verontreiniging in het grondwater

De aanwezige restverontreiniging in het grondwater na uitvoering van de vroegere bodemsaneringswerken is weergegeven op de plannen in bijlage 11 tot bijlage 17.

Een overzicht van de analyseresultaten van het grondwater is opgenomen in bijlage 18 en bijlage 19.

Een overzicht van de nog bestaande peilbuizen is opgenomen in bijlage 20.

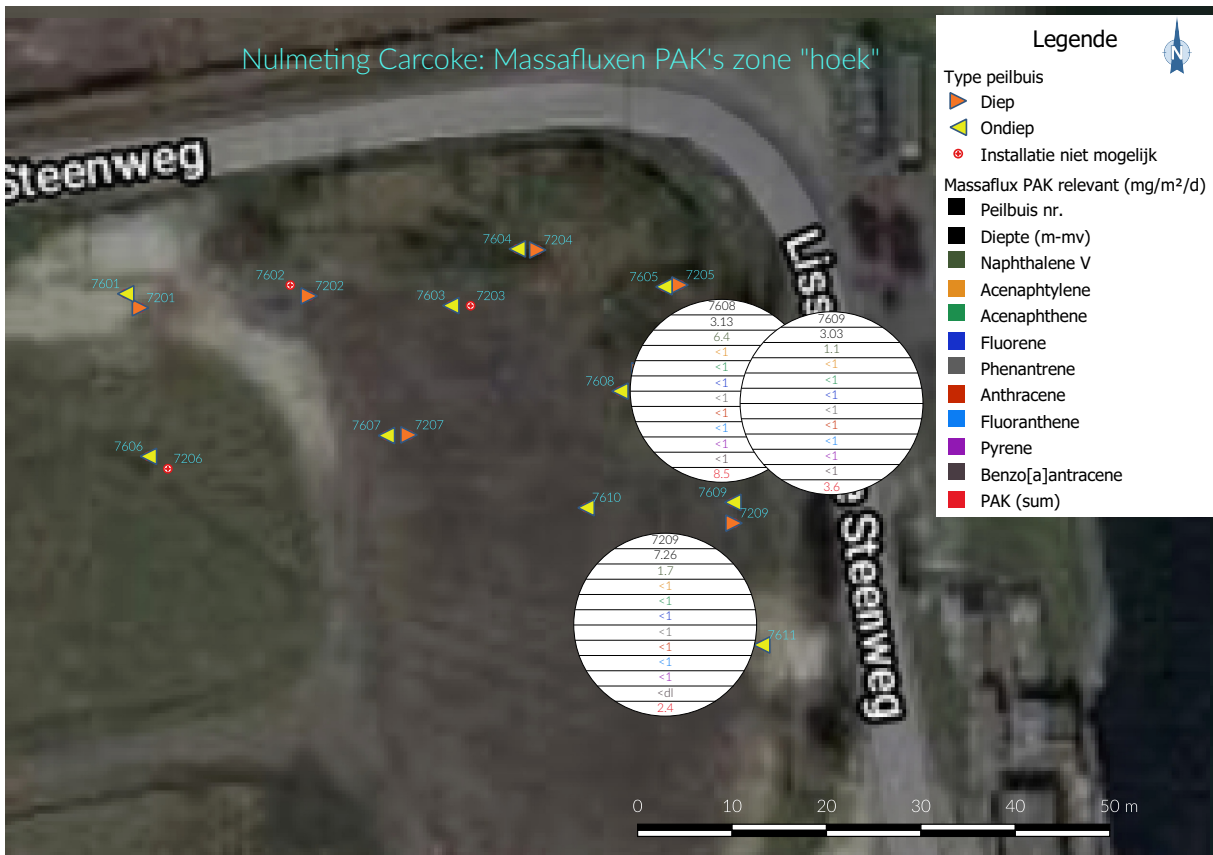
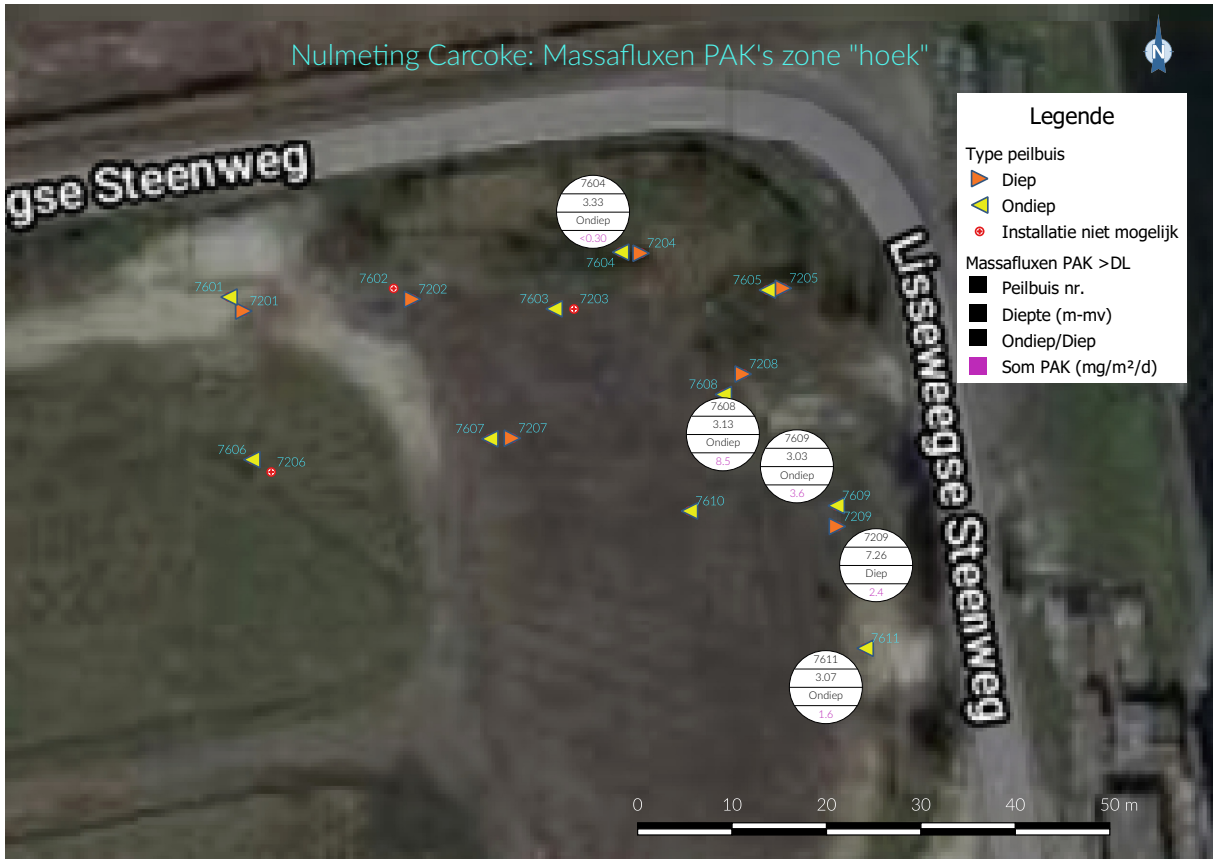
In zone 1 (hoekzone) werden op 19 en 20 augustus en op 25 september 2019 boringen uitgevoerd en peilbuizen geplaatst in de hoekzone alsook in een referentiezone.

De boorbeschrijvingen zijn opgenomen in bijlage 21.

Op 8, 9 en 14 oktober grondwaterstalen genomen en onderzocht op een ruime set metalen, vluchtige aromatische koolwaterstoffen, VOCl, PAK's, waterdampvluchtige fenolen alsook op een uitgebreide reeks agroparameters. Een overzicht van de analyseresultaten in deze zone samen met resultaten uit andere zones en referentiezones is opgenomen in bijlage 22.

Op basis van de analyseresultaten blijkt dat er in de hoekzone nagenoeg geen verontreiniging met PAK's, minerale olie of BTEX in het grondwater aanwezig is. Dit in tegenstelling tot wat de resultaten van de uitgevoerde OIP metingen aangaven. In de referentiezone werd wel een duidelijke verontreiniging aangetroffen in het grondwater.

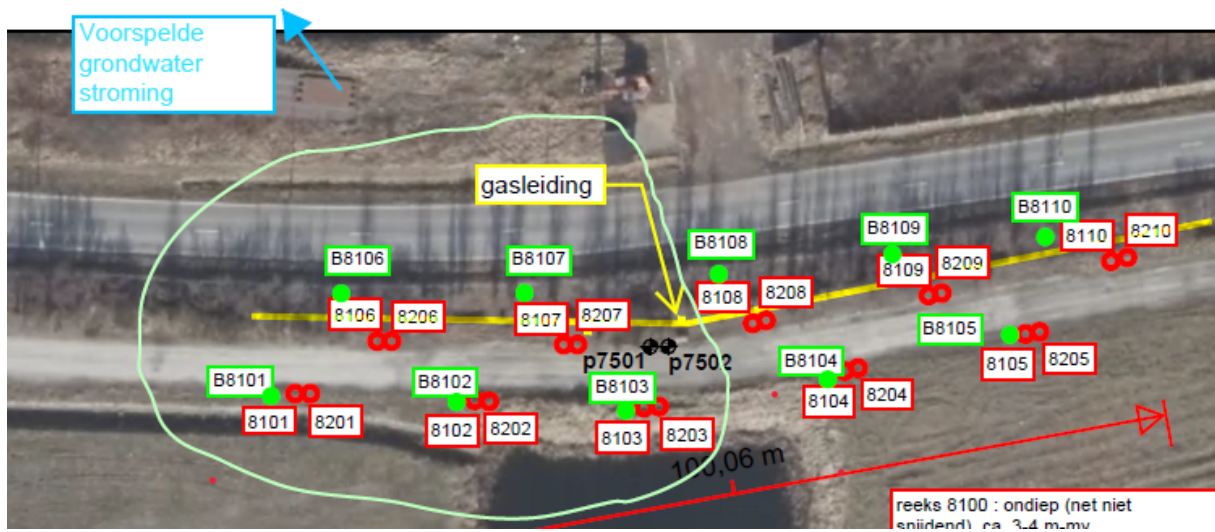
Dit blijkt ook uit de resultaten van de massafluxen die met de iFlux methodologie werden bepaald:



Op basis van de analyseresultaten werd er op 14/11/2019 dan ook beslist om de hoekzone te wisselen met de referentiezone.

De nieuwe zone 1 bevindt zich aan de noordelijke rand van het terrein ter hoogte van de vijver. Uit de resultaten van vroegere bodemonderzoeken is bekend dat hier nog een aanzienlijke restverontreiniging aanwezig is.

Om de nog aanwezige restverontreiniging beter in kaart te brengen werden in januari 2020 door Witteveen & Bos 10 koppels peilbuizen geplaatst (8101/8201 tot 8110/8210). Dit gebeurde aan de hand van spoelboringen.



De analyseresultaten van het grondwater in de nieuwe zone 1 zijn opgenomen in bijlage 25.

3 Fytoremediatie

3.1 Algemeen

Bij fytoremediatie kunnen er allerlei processen optreden, zowel in de bodem als in de bovengrondse delen van de plant. De processen die hierbij optreden zijn onder andere afhankelijk van de soort verontreiniging.

Er zijn dertien essentiële voedingselementen (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cl, Zn, Mn, Cu, B en Mo) die door de plant worden opgenomen. Deze stoffen zijn noodzakelijk voor de ontwikkeling van de plant en worden opgenomen hetzij passief in de transpiratiestroom of actief door de transporteiwitten in het wortelmembraan.

Eénmaal opgenomen door de wortels kunnen de opgeloste voedingsstoffen worden vervoerd door de transportvaten (xyleem). Op die manier kunnen ook andere stoffen, waaronder verontreinigende stoffen, worden opgenomen.

De plant produceert zelf ook chemische stoffen zoals aminozuren, enzymen, eiwitten, organische zuren, ... die worden getransporteerd door het vasculair systeem (floëem) naar de wortelzone waar ze kunnen worden vrijgegeven. Deze stoffen kunnen bijdragen tot de neerslag of de afbraak van verontreinigende stoffen.

Bodemorganismen waaronder bacteriën en schimmels ontwikkelen zich goed in de omgeving van de wortels precies omwille van deze koolstofbronnen. In de wortelzone komen dan ook veel meer bacteriën en schimmels voor dan in een niet-begroeide bodem.

In ruil vormen deze organismen een beschermende barrière door de opname en/of verdeling van zowel organische als anorganische contaminanten te verhinderen.

Daarnaast zorgt een bedekking van de bodem met planten voor een stabilisatie waardoor verspreiding van verontreinigde bodemdeeltjes door wind- en watererosie wordt verhinderd. Een begroeiing zorgt bovendien voor meer evapotranspiratie waardoor er minder hemelwater infiltreert in de bodem en het risico op uitloging of verspreiding van de verontreiniging daalt.

3.2 Wat gebeurt er bij metaalverontreinigingen?

Naast de essentiële voedingselementen zijn er andere niet-essentiële anorganische stoffen waaronder veel voorkomende contaminanten (Pb, Cd, As, ...) die ook worden opgenomen hetzij passief in de transpiratiestroom of actief door de plaats in te nemen van het essentiële voedingselement op de transporteiwitten. Gezien deze stoffen niet essentieel zijn voor de plant en ze in hoge concentraties zelfs toxisch kunnen zijn voor de plant, heeft de plant verschillende mechanismen ontwikkeld om deze stoffen af te zonderen, te stabiliseren en transport naar de gevoelige plantenweefsels te voorkomen.

De door de plant en geassocieerde micro-organismen uitgescheiden fytochemische stoffen kunnen leiden tot precipitatie en immobilisatie van contaminanten en op die manier de biobeschikbaarheid verminderen. Heel wat metalen kunnen in het celwand complex van de wortels gebonden worden. Anderzijds kunnen toxische metalen ook worden opgeslagen in de wortelvacuoles.

Toxische metalen kunnen worden verplaatst naar de bovengrondse delen van de plant en worden opgeslagen via lignificatie in de biomassa.

Door de biomassa te verwijderen worden op die manier ook de metalen afgevoerd.

3.3 Wat gebeurt er bij organische stoffen?

Organische stoffen kunnen worden afgebroken door de planten en hun geassocieerde micro-organismen tot onschadelijke producten. Er zijn verschillende mechanismen hiervoor, waaronder sekwestratie, transformatie en afbraak.

Plantgeassocieerde bacteriën zijn aanwezig rondom en in de plant. Deze bacteriën kunnen de groei en de ontwikkeling van de plant stimuleren en de organische verontreiniging afbreken.

Als de afbraak onvoldoende is, kunnen planten lijden aan fytotoxiciteit en kunnen vluchtige stoffen ook door de bladeren worden uitgedampt.

Om een efficiënte afbraak te garanderen worden bacteriën met de juiste afbraakmechanismen binnen in de plant gebracht door inoculatie.

3.4 Wat gebeurt er bij cyaniden?

Cyanide blijkt een belangrijke bron van stikstof te zijn voor micro-organismen, zwammen en planten. Een groot aantal organismen zijn in staat om cyanide af te breken. De meest belangrijke afbraakwegen zijn hydrolyse, oxidatie, reductie en substitutie/transfer (E. Stephen, 2004).

Metaalcyanidecomplexen zijn resistenter tegen biodegradatie dan eenvoudige cyaniden. In het donker dissociëren ze traag met een lage toxiciteit als gevolg. Onder invloed van Uv-licht gebeurt echter een snelle fotolyse.

Uit diverse onderzoeken is echter gebleken dat planten ook ijzercyaniden kunnen afbreken.

Uit onderzoek met betrekking tot het transport en metabolisme van vrije cyanide en ijzercyaniden door wilg (*Salix sp.*) (S. EBBS et al., 2003) blijkt dat cyanide wordt opgenomen door wilg en vervolgens wordt afgebroken waarbij de stikstof wordt gebruikt voor de aanmaak van aminozuren en andere processen in de plant. Er is weinig accumulatie van cyanide in de bladeren.

Vaatplanten beschikken over de enzymen beta-cyanoalanine synthase en beta-cyanoalanine hydrolase die vrije cyaniden afbreken en omzetten naar het aminozuur asparagine (LARSEN M. et al., 2002). Het risico op volatilisatie van cyanide via de bladeren kan worden verwaarloosd omdat de bomen zouden sterven nog voor er aanzienlijke concentraties zouden bereikt worden.

Literatuur:

LARSEN M., TRAPP S. & PIRANDELLO A. (2002), Removal of cyanide by woody plants, *Chemosphere* 2004 nr. 54, p. 325-333.

S. EBBS (2004), *Biological degradation of cyanide compounds*, *Current Opinion in Biotechnology* nr. 15 pag. 231-236.

S. EBBS, J. BUSHEY, S. POSTON, D. KOSMA, M. SAMIOTAKIS & D. DZOMBAK (2003), *Transport and Metabolism of free cyanide and iron cyanide complexes by willow*, *Plant, Cell and Environment* nr. 26, pag. 1467-1478.

S.A.J. TRAPP & H. CHRISTIANSEN (2003), *Phytoremediation: Transformation and Control of Contaminants*, Ed. by Steve C Mc Cutcheon & Jerald L. Schnoor, ISBN 0-471-39435-1 p. 829-862.

Technical and Regulatory Guidance and Decision Trees (2009), Interstate Technology & Regulatory Council, Phytotechnologies Team.

WEYENS N., VAN DER LELIE D., ARTOIS T., SMEETS K., TAGHAVI S., NEWMAN L., CARLEER R. & VANGRONVELD J. (2009), Bioaugmentation with engineered endophytic bacteria improves contaminant fate in phytoremediation, *Environ. Sci. Technol.* Nr 43, p. 9413-9418. *Phytotechnology*

3.5 Micro-organismen geassocieerde fyto-remediatie

Het planten van bomen is helaas geen garantie voor een doeltreffende bodem- en/of grondwatersanering. Controle en opvolging door de mens is noodzakelijk. Ten eerste is natuurlijke fyto-remediatie afhankelijk van het planttype, maar ook van de aanwezige micro-organismen. Indien de afbraak te wensen overlaat en verhoogde concentraties van verontreiniging in de bodem aanwezig zijn, kan er fytotoxiciteit optreden waardoor de plant een gebrekkige groei vertoont, ziek wordt of zelfs afsterft. Ten tweede, indien vluchtige organische verontreinigende stoffen voorkomen, kunnen deze door de bladeren vervluchtigd worden (fyto- volatilisatie).

Beide obstakels worden overwonnen door de geschikte plant-geassocieerde bacteriën aan te rijken. Endofytische bacteriën, die van nature binnenin de plant leven, indien 'uitgerust' met de gepaste afbraakmechanismen, helpen planten te overleven in situaties met verhoogde gehalten aan vervuilende toxische stoffen en verhogen de capaciteit van de gebruikte planten om deze vervuilende stoffen af te breken en bijgevolg uit het milieu te verwijderen. Een aanrijking van deze weldoeners in de plant optimaliseert bijgevolg het fyto-remediatie proces.

Ten opzichte van traditionele technieken heeft fyto-remediatie heel wat voordelen. Aangezien planten de hoofdrol spelen, werkt fyto-remediatie grotendeels op zonne-energie. Het heeft verder een minimale onderhoudskost en is bovendien duurzaam omdat de sanering ter plaatse gebeurt en er geen transport vereist is. Dit alles zorgt ervoor dat fyto-remediatie een kleine ecologische voetafdruk heeft en bovendien goedkoper is dan de conventionele saneringstechnieken. Bovendien zorgt fyto-remediatie voor een verminderde percolatie van

hemelwater waardoor de tijdelijk nog aanwezige verontreiniging niet verder uitspoelt naar het grondwater.

Het is mogelijk om fyto-remediatie ook als aanvullende bodemsaneringstechniek te gebruiken, bijvoorbeeld in combinatie met een ontgraving of drijfslagverwijdering waarbij fyto-remediatie dan wordt ingezet voor het verwijderen van de restverontreiniging of het verwijderen van de verontreinigingspluim.

4 Concept Fytoremediatie

4.1 Aanpak

4.1.1 Pilootzone 1 (rand Carcoke-terrein)

Op 19 en 20 augustus 2019 en 25 september 2019 werden boringen uitgevoerd en peilbuizen geplaatst in de hoekzone alsook in een referentiezone. De peilbuizen werden op 8 oktober en 9 oktober 2019 bemonsterd. In de hoekzone werd het uitvoeren van de boringen sterk bemoeilijkt door de aanwezigheid van een puinlaag. Dit werd ook reeds gemeld tijdens het eerder uitgevoerde terreinbezoek. Zeker bij de voorbereiding van het terrein voor de aanplant is het dan ook nodig het terrein planrijp te maken en deze puinlaag te verwijderen.

De bodemstalen werden onderzocht op pH, kleigehalte en de concentraties aan zware metalen, PAK's, minerale olie, BTEX en cyaniden. De grondwaterstalen werden onderzocht op pH, geleidbaarheid en de concentraties aan zware metalen, PAK's, minerale olie, BTEX, VOCl, cyaniden en fenolen. Een beperkt aantal stalen werd ook onderzocht op een aantal agroparameters.

Op basis van de analyseresultaten blijkt echter dat er in de hoekzone nagenoeg geen verontreiniging met PAK's, minerale olie of BTEX in de bodem en het grondwater aanwezig is. Dit in tegenstelling tot wat de resultaten van de uitgevoerde OIP-metingen aangaven.

In de referentiezone werd wel een duidelijke verontreiniging aangetroffen in het vaste deel van de bodem en het grondwater.

Op basis van de analyseresultaten werd dan ook in samenspraak met alle partners en de OVAM op 14/11/2019 beslist om de hoekzone te wisselen met de referentiezone als de te onderzoeken en te saneren pilootzone. In deze nieuwe zone werden boringen uitgevoerd en peilbuizen geplaatst om de verontreiniging in kaart te brengen. De resultaten werden eerder in dit rapport toegelicht in hoofdstuk 2.2 en 2.3.

Gezien de diepte van de verontreiniging kiezen we voor het uitvoeren van fytoremediatie aan de hand van bomen en struiken.

Aangezien op het moment van het schrijven van dit concept het nodige haalbaarheidsonderzoek volgens de Code van goede praktijk Fytoremediatie, nog niet werd uitgevoerd zijn wij momenteel genoodzaakt de haalbaarheid in te schatten op basis van de voorliggende resultaten en de eerder uitgevoerde terreinbezoeken (dd. 17/05/2019 en 6/12/2019).

Ook gezien de relatief korte termijn (looptijd RESANAT-project) waarbinnen we onze saneringsresultaten moeten rapporteren, opteren we voor het aanplanten van snelgroeiende populieren en/of wilgen. Deze aanplant kan zowel in boom- als knotvorm worden beheerd.

4.1.2 Pilootzone 2 (oeverzone Zijdelings Vaartje)

In de oeverzone werden door Witteveen & Bos op 22 januari 2019 bodemstalen genomen en onderzocht op het gehalte aan PAK's, minerale olie en BTEX. De resultaten laten toe om voor deze oeverzone het concept op te stellen.

Aangezien op het moment van het schrijven van dit concept het nodige haalbaarheidsonderzoek volgens de Code van goede praktijk Fytoremediatie, nog niet werd uitgevoerd zijn wij momenteel genoodzaakt de haalbaarheid in te schatten op basis van de voorliggende resultaten en het eerder uitgevoerde terreinbezoek (dd. 17/05/2019).

Gezien de diepte van de verontreiniging kiezen we voor het uitvoeren van fytoremediatie aan de hand van de bestaande vegetatie en bijkomend aan te planten soorten.

4.1.3 Pilootzone 3 (sediment De Lieve - Envisan)

Voor pilootzone 3 zal een phytopile opgezet worden met verontreinigd ruimingsslib uit de Lieve.

Phytopiling is een vorm van fytoremediatie, in dit geval **micro-organisme geassisteerde fytodegradatie en rhizodegradatie**, waarbij de bodem of de waterbodem (indien nodig na voldoende ontwateren) op een heuvel, verder pile genoemd, wordt gestapeld.

Onder de pile wordt een HDPE folie, of gelijkaardig, aangebracht om contact van de verontreinigde grond met de bodem te vermijden. Onderaan en om de 0,5 meter ophoging worden bij de aanleg horizontale drains geplaatst om een passieve beluchting te creëren. De piles worden mogelijk afgewerkt met een dunne laag (ca. 5 cm) niet verontreinigde grond of teelaarde en worden vervolgens ingezaaid met passende grassoorten en kruidachtigen. Er kunnen ook wilgenstekken of andere planten worden gebruikt, afhankelijk van de gebruikte toepassing en verontreiniging. De hoogte van de piles wordt in dit geval beperkt tot 1 m of max 1,5m om een goede doorworteling te garanderen.

4.2 Plantkeuze

4.2.1 Pilootzone 1 (rand Carcoke-terrein)

Tijdens het terreinbezoek van 17/05/2019 werd er volgende vegetatie vastgesteld aan de noordelijke en oostelijke rand van het Carcoke-terrein:

- Populier
- Wilg
- Duindoorn
- Brem
- ...

Aangezien de huidige vegetatie weinig of geen hinder ondervindt van de aanwezige verontreiniging, zowel in het vaste deel van de bodem als het grondwater, met minerale olie, BTEX en PAK's en in mindere mate met zware metalen en cyaniden, kan in de pilootzone zeker al verder gewerkt worden met dezelfde soorten. Het is wel belangrijk bij het kiezen van de variëteiten rekening te houden met de specifieke omstandigheden aanwezig op deze locatie, meer bepaald met de zandige bodem, de verzilting, de zeewind, ...

De huidige vegetatie van bomen (populieren en/of wilgen) aan de grens van het terrein zullen ook in de pilootzone 1 behouden blijven. Deze zullen verder aangevuld worden waar nodig met nieuwe bomen om een goede hydraulische barrière te realiseren.

Duindoorn (*Hippophae rhamnoides*) is zeker de moeite om mee te nemen in de pilootproef. Duindoorn heeft een groot wortelstelsel met 1 meter diepgaande wortels en horizontale uitlopers. Duindoorn heeft ook een sterke ecologische meerwaarde. In dat opzicht moeten de bessen wel eens gecontroleerd worden, aangezien deze vooral door vogels worden gegeten. Het gebruik van Duindoorn is verder een mooi voorbeeld van het gebruik van typische streekgebonden planten.

In de zones zonder houtige beplanting overwegen wij om **grassen** (*Poaceae*) en/of **vlinderbloemigen** (*Fabaceae*) te voorzien tussen de bomen omwille van hun mogelijkheden bij PAK-verontreiniging.

Rood zwenkgras (*Festuca rubra*, groeit zowel op kleigrond als op arme droge zandgrond

Gewoon struisgras (*Agrostis capillaris*), groeit op alle types bodem met voorkeur voor zandige bodems.

Honingklaver (*Melilotus officinalis*), is een plant van ruderaal milieus op min of meer open, droge tot vochtige, zandige tot kleiige bodems.

Luzerne (*Medicago sativa*)

Olifantengras (*Miscanthus giganteus*)

De uiteindelijke plantkeuze stemmen we af op de aanwezige randvoorwaarden, de resultaten van haalbaarheidsonderzoek (indien tijdig voorhanden) en onderzoek naar effecten van inoculatie, de wensen van terreinbeheerder, de uitgevoerde terreinbezoeken, ...

4.2.2 Pilootzone 2 (oeverzone Zijdelings Vaartje)

Tijdens het terreinbezoek van 17/05/2019 werd er volgende vegetatie vastgesteld aan de oeverzone van het Zijdelings Vaartje:

- **Riet** (*Phragmites australis*)
- **Dauwbraam** (*Rubus caesius*)

Aangezien de huidige vegetatie weinig of geen hinder ondervindt van de aanwezige verontreiniging, zowel in het vaste deel van de bodem, met minerale olie, BTEX en PAK's en in mindere mate met zware metalen en cyaniden, kan in de pilootzone zeker al verder gewerkt worden met dezelfde soorten. Het is wel belangrijk bij het kiezen van de variëteiten rekening te houden met de specifieke omstandigheden aanwezig op deze locatie, meer bepaald met de zandige bodem, de verzilting, de zeewind, ...

De huidige vegetatie van Riet en Dauwbraam zal in een deel van de pilootzone 2 behouden blijven. In een tweede deel van de pilootzone zal de bestaande vegetatie verwijderd worden en vervangen door soorten voor wisselnatte gronden zoals

- **Grote lisdodde** (*Typha latifolia*)
- **Kleine lisdodde** (*Typha angustifolia*)

- **Gewone kattestaart** (*Lythrum salicaria*)
- **Gele lis** (*Iris pseudacorus*)

Ook in deze zone zal een inoculatie uitgevoerd worden.

Als test overwegen wij ook om een klein deel van het tweede deel waarin minder verontreiniging voorkomt een strook in te zaaien met specifieke soorten voor natte of moerassige bodems. De zaaidichtheid bedraagt 1 tot 2 gram/m².

Natte of moerassige gronden in de zon:

- **Wilde bertram** (*Achillea ptarmica*)
- **Gewone engelwortel** (*Angelica sylvestris*)
- **Barbarakruid** (*Barbarea vulgaris*)
- **Dotterbloem** (*Caltha palustris*)
- **Pinksterbloem** (*Cardamine pratensis*)
- **Kale jonker** (*Cirsium palustre*)
- **Brede orchis** (*Dactylorhiza fistulosa*)
- **Moeraswespenorchis** (*Epipactis palustris*)
- **Moerasspirea** (*Filipendula ulmaria*)
- **Gevlekt hertshooi** (*Hypericum maculatum obtusiusculum*)
- **Gevleugeld hertshooi** (*Hypericum tetrapterum*)
- **Gele iris** (*Iris pseudacorus*)
- **Moerasrolklaver** (*Lotus pendunculatus*)
- **Gewone veldbies** (*Luzula campestris*)
- **Wolspoot** (*Lycopus euroaeus*)
- **Grote wederik** (*Lysimachia vulgaris*)
- **Kattestaart** (*Lythrum salicaria*)
- **Watermunt** (*Mentha aquatica*)
- **Brunel** (*Prunella vulgaris*)
- **Heelblaadjes** (*Pulicaria dysenterica*)
- **Scherpe boterbloem** (*Ranunculus acris*)
- **Kleine ratelaar** (*Rhinanthus minor*)
- **Echte koekoeksbloem** (*Siene flos-cuculi*)
- **Poelruit** (*Thalictrum flavum*)
- **Valeriaan** (*Valeriana officinalis*)

4.2.3 Pilootzone 3 (sediment De Lieve - Envisan)

Voor het uitvoeren van fyto-remediatie op de phytopenalen opteren wij om te werken met volgende planten: grassen en eventueel graangewassen om helling snel te stabiliseren.

- **Engels raaigras** (*Lolium perenne*)
- **Italiaans raaigras** (*Lolium multiflorum*)
- **Frans raaigras – Gewone glanshaver** (*Arrhenatherum elatius subsp. Elatius*)

4.3 Inrichting

4.3.1 Pilootzone 1 (rand Carcoke-terrein)

Gezien de diepte van de verontreiniging kiezen we voor het uitvoeren van fyto-remediatie aan de hand van bomen.

Wij opteren om in de randzone van het Carcoke-terrein een fyto-remediatiescherm en hydraulische barrière op te bouwen met snelgroeïende soorten zoals populieren en/of wilgen. Om een sneller effect te bekomen, maar ook de saneringsduur te beperken, kan het plantverband dichter worden uitgevoerd dan normaal. Ook tussen de verharde weg aan de rand van het terrein en de bestaande vijver zal een rij met populieren en/of wilgen worden voorzien om de hydraulische barrière te vervolledigen.

Bepaalde zones zullen verder worden aangeplant met Duindoorn en/of Grassen.

4.3.2 Pilootzone 2 (oeverzone Zijdelings Vaartje)

Gezien de diepte van de verontreiniging kiezen we voor het uitvoeren van fyto-remediatie aan de hand van de bestaande en nieuwe vegetatie.

De huidige vegetatie van Riet en Dauwbraam zal in een deel van de pilootzone 2 behouden blijven. Dit deel zal voor de pilootproef verder opgesplitst worden in twee zones, waar met de eerste zone verder niets gebeurt en in de tweede zone een inoculatie zal uitgevoerd worden met geschikte micro-organismen om het fyto-remediatieproces te verbeteren en te versnellen.

In een tweede deel van de pilootzone zal de bestaande vegetatie verwijderd worden en vervangen door soorten voor wisselnatte gronden zoals

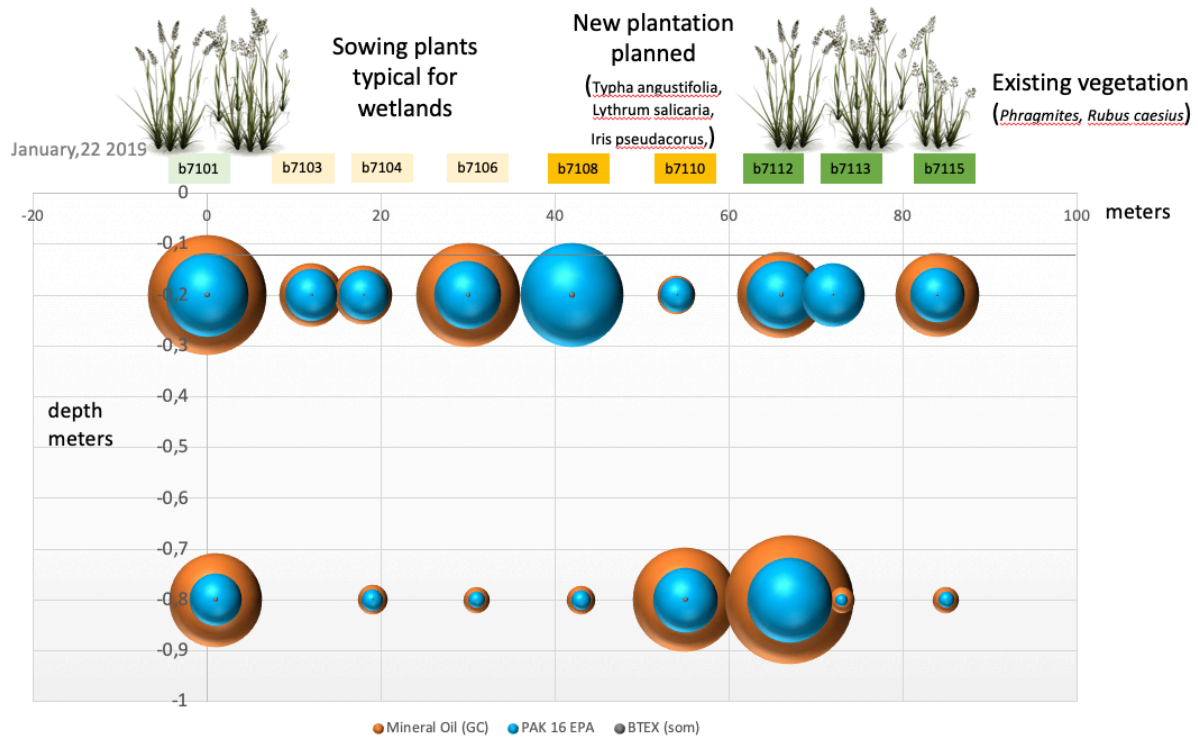
- **Grote lisdodde** (*Typha latifolia*)
- **Kleine lisdodde** (*Typha angustifolia*)
- **Gewone kattestaart** (*Lythrum salicaria*)
- **Gele lis** (*Iris pseudacorus*)

Ook in deze zone zal een inoculatie uitgevoerd worden.

Wij verwachten bij het aanplanten van de lisdodde dat het nodig zal zijn een beperkte oppervlakte te plaggen (dominantie rietvegetatie). De vrijgekomen (verontreinigde) grond 'kan' mogelijk op het Carcoke-terrein worden aangebracht om eventueel verder met fyto-remediatie te worden behandeld. Dit dient verder met de OVAM te worden afgestemd.

Als test overwegen wij ook om een klein deel van het tweede deel waarin minder verontreiniging voorkomt een strook in te zaaien met specifieke soorten voor natte of moerassige bodems. De zaaidichtheid bedraagt 1 tot 2 gram/m².

Op basis van de huidig gekende gegevens voorzien wij om deze pilootzone 2 als volgt aan te leggen:



4.3.3 Pilotzone 3 (sediment De Lieve - Envisan)

Op basis van de huidig gekende gegevens met betrekking tot het sediment van De Lieve, zullen wij voor het uitvoeren van fyto-remediatie op de phytopyles opteren om te werken met volgende planten: grassen en eventueel graangewassen om helling snel te stabiliseren.

- Engels raaigras (*Lolium perenne*)
- Italiaans raaigras (*Lolium multiflorum*)
- Frans raaigras – Gewone glanshaver (*Arrhenatherum elatius subsp. Elatius*)

4.4 Beheer

4.4.1 Pilootzone 1 (rand Carcoke-terrein)

We adviseren steeds het terrein pesticidenvrij te beheren.

Het beheer van het fyto-remediatiescherm of de hydraulische barrière beperkt zich tot twee maal per jaar de oppervlakte tussen de bomen te maaien (mogelijk met bosmaaier). Het maaisel kan worden afgevoerd of op het terrein worden gecomposteerd.

Bij het uitvoeren van maaiwerken en het afzetten van de beplanting is het heel belangrijk dat de drainagebuizen, die werden voorzien voor de inoculatie, niet worden beschadigd.

Gedurende de eerste twee jaren na de aanplant is het tevens belangrijk de aangeplante duindoorn vrij te stellen, zodat deze niet overgroeit wordt door andere aanwezige vegetatie.

De bomen kunnen eventueel om de drie tot vier jaar geknot worden. De biomassa kan eventueel worden gebruikt als energiebron.

4.4.2 Pilootzone 2 (oeverzone Zijdelings Vaartje)

De kruidachtige vegetatie kan jaarlijks worden gemaaid. Het maaisel wordt afgevoerd en kan op het terrein worden gecomposteerd.

De zones met Gele lis dienen zo weinig mogelijk te worden gemaaid. Maaien kan leiden tot het verdwijnen van Gele lis.

De zones met Riet kunnen begin maart worden gemaaid.

4.4.3 Pilootzone 3 (sediment De Lieve - Envisan)

We adviseren steeds het terrein pesticidenvrij te beheren.

Het beheer van phytopile beperkt zich tot twee maal per jaar de grassen te maaien. Het maaisel kan worden afgevoerd of op het terrein worden gecomposteerd.

Bij het uitvoeren van maaiwerken en het afzetten van de beplanting is het heel belangrijk dat de aanwezige drainage-/beluchtingsbuizen niet worden beschadigd.

4.5 Monitoring

Het ultieme streefdoel van de sanering voor historische verontreiniging is het bereiken van de richtwaarde. Van dit saneringsobjectief kan evenwel afgeweken worden indien de voorgenomen saneringsmaatregelen onredelijk hoge kosten met zich meebrengen ten opzichte van het bekomen resultaat (het zogenaamde BATNEEC-principe).

Rekening houdend met dit principe is het streefdoel van de sanering voor historische verontreiniging in dalende volgorde:

- het realiseren van de richtwaarden;
- het realiseren van een bodemkwaliteit beter dan de toepasselijke bodemsaneringsnormen;
- het wegnemen van het risico van de verontreiniging door normaal gebruik van de grond binnen de betrokken bestemming of voor een toekomstige bestemming zoals bepaald in artikel 21§1 tweede lid van het bodemdecreet;
- het opleggen van gebruiks- of bestemmingsbeperkingen.

De hier besproken monitoring staat los van de monitoring die door de erkend bodemsaneringsdeskundige wordt uitgevoerd om de kwaliteit van de bodem en het grondwater na te gaan.

De door bio2clean voorziene monitoring heeft oa. betrekking op het uitvoeren van metingen om aan te tonen dat het fytoremediatieproject kwaliteitsvol verloopt en om na te gaan wat het effect is van de inoculatie.

Deze monitoring kan onder andere omvatten:

- Staalname en isolatie van micro-organismen
- Fluxmetingen en/of massafluxmetingen in het grondwater
- Screening voor het bepalen van het afbraakpotentieel
- Bevestiging met GC
- Staalname en analyse plantdelen, sapstroom, ...
- ...

Jaarlijks zal door bio2clean een rapport worden opgesteld over de uitgevoerde werken.

Rekening houdend met de richtlijnen zoals vermeld in de Code van Goede Praktijk voor Fytoremediatie van de OVAM voorzien we een voldoende basispakket aan monitoring & opvolging in deze raming.

5 Prijsraming

6 Hiaten in de kennis

- De ligging van de verschillende nutsleidingen is momenteel slechts gedeeltelijk gekend en aangeduid op het terrein en plannen. Het is momenteel nog niet duidelijk welke afstanden moeten aangehouden worden bij het aanplanten van de bomen en de struiken. Dit is enkel van toepassing voor de zone 1.
- Het is op dit ogenblik niet duidelijk of er al dan niet afbraakpotentieel aanwezig is en of de aanwezige bomen en Duindoorn al dan niet verontreinigende stoffen vrijgeven via de bladeren en/of aanrijken in de bessen. Dit zal onderzocht worden en maakt deel uit van ons voorstel.
- Op dit moment is er onvoldoende kennis over de grondwaterstromingsrichting en -snelheid. Dit is vooral van toepassing voor de zone 1.
- De besluiten en aanbevelingen in dit rapport, zijn gebaseerd op door anderen aangeleverde informatie en in de veronderstelling dat alle relevante informatie werd voorzien door die partijen van wie ze werd gevraagd. De informatie verkregen van derden werd niet onafhankelijk door bio2clean gecontroleerd, tenzij dit anders wordt vermeld in het Concept.
- Waar ramingen werden gemaakt van werken of kosten nodig om milieurisico's, vastgesteld in dit Concept, te verminderen of te matigen, zijn deze gebaseerd op de toen beschikbare informatie en deze zijn onderworpen aan verder onderzoek of informatie die beschikbaar kan komen. Kosten kunnen daarom buiten het opgegeven bereik variëren.
- Op dit moment is het nog onduidelijk of de "Samenwerkingsovereenkomst tussen de OVAM en MBZ betreffende de uitvoering van pilootproeven fyto-remediatie op de terreinen van MBZ te Zeebrugge" werd goedgekeurd en de in het concept beschreven plantensoorten kunnen worden aangeplant.
- Op datum van 17 februari 2020 zijn nog niet alle staalnamen en analyses voor het vastleggen van de nulsituatie in zone 1 uitgevoerd. De resultaten kunnen ook een impact hebben op de dimensionering van de aanplant in zone 1.
- Tevens is er op deze datum nog geen haalbaarheidsonderzoek conform de Code van Goede Praktijk Fyto-remediatie uitgevoerd, zodat het voorliggend concept en het ontwerp van de pilootproeven Fyto-remediatie mogelijk dienen te worden bijgestuurd.

7 Bijlagen

Afzonderlijke bundel in pdf met bijlagen:

- Bijlage 1: Ligging van het terrein
- Bijlage 2: Restverontreiniging met BTEX in het vaste deel van de bodem
- Bijlage 3: Restverontreiniging met minerale olie in het vaste deel van de bodem
- Bijlage 4: Restverontreiniging met PAK's in het vaste deel van de bodem
- Bijlage 5: Restverontreiniging met teer in het vaste deel van de bodem
- Bijlage 6: Restverontreiniging met cyanide in het vaste deel van de bodem
- Bijlage 7: Restverontreiniging met zware metalen in het vaste deel van de bodem
- Bijlage 8: Rapport OIP-metingen (Witteveen & Bos)
- Bijlage 9: EniSSA OIP-rapport
- Bijlage 10: Analyseresultaten zone 2
- Bijlage 11: Restverontreiniging minerale olie in ondiep grondwater
- Bijlage 12: Restverontreiniging minerale olie in diep grondwater
- Bijlage 13: Restverontreiniging benzeen in ondiep grondwater
- Bijlage 14: Restverontreiniging benzeen in diep grondwater
- Bijlage 15: Restverontreiniging naftaleen in ondiep grondwater
- Bijlage 16: Restverontreiniging naftaleen in diep grondwater
- Bijlage 17: Restverontreiniging cyanide in ondiep grondwater
- Bijlage 18: Analyseresultaten grondwater
- Bijlage 19: Analyseresultaten grondwater per parameter
- Bijlage 20: Overzicht bestaande peilbuizen
- Bijlage 21: Boorbeschrijvingen
- Bijlage 22: Analyseresultaten grondwater
- Bijlage 23: Analyseresultaten slib phytopile
- Bijlage 24: Analyseresultaten bodem in nieuwe zone 1
- Bijlage 25: Analyseresultaten grondwater in nieuwe zone 1

Fytoremediatie in het kader van het RESANAT-project – WP4

Rapport inrichting pilootzone 1, 2 en 3

Algemeen	2
Pilootzone 1	3
Concept	3
Plantkeuze	5
Inrichting	6
Opzet	6
Uitvoering	6
Centrale zone (reserve)	11
Monitoring	14
Vorbereiding inoculatie bestaande populieren/wilgen	14
Staalname voor inoculatie	17
Pilootzone 2	22
Concept	22
Plantkeuze	24
Inrichting	26
Opzet	26
Uitvoering	27
Pilootzone 3	29
Concept	29
Plantkeuze	29
Inrichting	29
Opzet	29
Uitvoering	30
Inoculatie	35
Pilootzone 1	35
Pilootzone 2	35
Pilootzone 3	36

Algemeen

In RESANAT werken bio2clean en zes bedrijven uit Nederland en Vlaanderen samen met kennisinstelling Deltares en de Openbare Vlaamse Afvalmaatschappij (OVAM) om de herontwikkeling van verontreinigde locaties in Nederland en Vlaanderen te stimuleren.

Het RESANAT-project (REstverontreiniging Saneren met NATure-based Technieken) stimuleert herontwikkeling van verontreinigde locaties in Nederland en Vlaanderen, die nu bemoeilijkt wordt door de (kosten)intensieve aanpak van bodemverontreiniging met relatief persistente stoffen. Conventionele sanerings- en beheerstechnieken zijn prijzig, energie-intensief (bijv. grondafvoer of continue grondwaterzuivering) en vragen vaak langlopende, kostbare beheersmaatregelen voor restverontreiniging. Dit heeft een negatief effect op het ontwikkelpotentieel, verhoogt milieudruk (hoge water- en carbonfootprint) en beïnvloedt de milieukwaliteit van de omgeving.

Doel van RESANAT is het vergroten van de praktische toepasbaarheid van nature-based sanerings-, beheers- en monitoringstechnieken en hierop codes van goede praktijk te ontwikkelen. Hiermee wordt efficiënt gebruik van natuurlijke hulpbronnen (o.a. grond) gerealiseerd en aantasting van milieukwaliteit beperkt.

Voorliggend concept betreft de uitvoering van twee pilotproeven op een terrein gelegen aan de Lisseweegsesteenweg 12 in Brugge (vroegere Carcoke site) en een aanpalende site.

Uit de rapporten van de beschrijvende bodemonderzoeken blijkt dat op de betreffende terreinen een historische verontreiniging werd aangetroffen met minerale olie, BTEX, PAK's, zware metalen, cyanide en fenolen in vaste deel van de bodem en in het grondwater.

Deze verontreiniging is een gevolg van de vroegere activiteiten van een cokesfabriek van 1900 tot 1996.

Op het voormalige terrein van de cokesfabriek werd een grootschalige bodem- en grondwatersanering uitgevoerd. Om stabiliteitsredenen was het niet mogelijk om alle verontreiniging aan de rand van het terrein en in de diepte weg te nemen. Deze restverontreiniging op de vroegere Carcoke site en de verontreiniging langs de oever van het Zijdelings Vaartje stroomafwaarts van de ex-Carcoke site vormen het onderwerp van twee pilotproeven.

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

Pilootzone 1

Concept

Op 19 en 20 augustus 2019 en 25 september 2019 werden boringen uitgevoerd en peilbuizen geplaatst in de hoekzone alsook in een referentiezone. De peilbuizen werden op 8 oktober en 9 oktober 2019 bemonsterd. In de hoekzone werd het uitvoeren van de boringen sterk bemoeilijkt door de aanwezigheid van een puinlaag. Dit werd ook reeds gemeld tijdens het eerder uitgevoerde terreinbezoek. Zeker bij de voorbereiding van het terrein voor de aanplant is het dan ook nodig het terrein planrijp te maken en deze puinlaag te verwijderen.

De bodemstalen werden onderzocht op pH, kleigehalte en de concentraties aan zware metalen, PAK's, minerale olie, BTEX en cyaniden. De grondwaterstalen werden onderzocht op pH, geleidbaarheid en de concentraties aan zware metalen, PAK's, minerale olie, BTEX, VOCl, cyaniden en fenolen. Een beperkt aantal stalen werd ook onderzocht op een aantal agroparameters.

Op basis van de analyseresultaten blijkt echter dat er in de hoekzone nagenoeg geen verontreiniging met PAK's, minerale olie of BTEX in de bodem en het grondwater aanwezig is. Dit in tegenstelling tot wat de resultaten van de uitgevoerde OIP-metingen aangaven.

In de referentiezone werd wel een duidelijke verontreiniging aangetroffen in het vaste deel van de bodem en het grondwater.

Op basis van de analyseresultaten werd dan ook in samenspraak met alle partners en de OVAM op 14/11/2019 beslist om de hoekzone te wisselen met de referentiezone als de te onderzoeken en te saneren pilootzone. In deze nieuwe zone werden boringen uitgevoerd en peilbuizen geplaatst om de verontreiniging in kaart te brengen.

De **nieuwe zone 1** bevindt zich aan de noordelijke rand van het terrein ter hoogte van de vijver. Uit de resultaten van vroegere bodemonderzoeken is bekend dat hier nog een aanzienlijke restverontreiniging aanwezig is.

Om de nog aanwezige restverontreiniging beter in kaart te brengen werden in januari 2020 door Witteveen & Bos 10 koppels peilbuizen geplaatst (8101/8201 tot 8110/8210). Dit gebeurde aan de hand van spoelboringen. Daarom was het nodig om in een verdere fase nog machinale boringen met staalname van de bodem uit te voeren. Vlak naast de koppels 8101/8201, 8102/8202, 8103/8203, 8104/8204 en 8105/8205 werden boringen (B8301, B8302, B8303, B8304 en B8305) met bodemstaalname uitgevoerd. De boringen B8306, B8307, B8308, B8309 en B8310 werden niet vlak naast hun respectievelijke peilbuiskoppels uitgevoerd maar dieper in de beplanting, tussen de omheining en de dienstweg.

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB



Figuur 1: Overzicht pilotzone 1

Gezien de diepte van de verontreiniging kiezen we voor het uitvoeren van fytoremediatie aan de hand van bomen en struiken.

Aangezien op het moment van het schrijven van het concept het nodige haalbaarheidsonderzoek volgens de Code van goede praktijk Fytoremediatie, nog niet werd uitgevoerd was het noodzakelijk de haalbaarheid in te schatten op basis van de voorliggende resultaten en de eerder uitgevoerde terreinbezoeken (dd. 17/05/2019 en 6/12/2019).

Ook gezien de relatief korte termijn (looptijd RESANAT-project) waarbinnen we onze saneringsresultaten moeten rapporteren, opteren we voor het aanplanten van snelgroeiende populieren en/of wilgen. Deze aanplant kan zowel in boom- als knotvorm worden beheerd.

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

Plantkeuze

Tijdens het terreinbezoek van 17/05/2019 werd er volgende vegetatie vastgesteld aan de noordelijke en oostelijke rand van het Carcoke-terrein:

- Populier
- Wilg
- Duindoorn
- Brem
- ...

Aangezien de huidige vegetatie weinig of geen hinder ondervindt van de aanwezige verontreiniging, zowel in het vaste deel van de bodem als het grondwater, met minerale olie, BTEX en PAK's en in mindere mate met zware metalen en cyaniden, kan in de pilootzone zeker al verder gewerkt worden met dezelfde soorten. Het is wel belangrijk bij het kiezen van de variëteiten rekening te houden met de specifieke omstandigheden aanwezig op deze locatie, meer bepaald met de zandige bodem, de verzilting, de zeewind, ...

De huidige vegetatie van bomen (populieren en/of wilgen) aan de grens van het terrein zullen ook in de pilootzone 1 behouden blijven. Deze zullen verder aangevuld worden waar nodig met nieuwe bomen om een goede hydraulische barrière te realiseren.

Duindoorn (*Hippophae rhamnoides*) is zeker de moeite om mee te nemen in de pilootproef. Duindoorn heeft een groot wortelstelsel met 1 meter diepgaande wortels en horizontale uitlopers. Duindoorn heeft ook een sterke ecologische meerwaarde. In dat opzicht moeten de bessen wel eens gecontroleerd worden, aangezien deze vooral door vogels worden gegeten. Het gebruik van Duindoorn is verder een mooi voorbeeld van het gebruik van typische streekgebonden planten.

In de zones zonder houtige beplanting overwegen wij om **grassen** (*Poaceae*) en/of **vlinderbloemigen** (*Fabaceae*) te voorzien tussen de bomen omwille van hun mogelijkheden bij PAK-verontreiniging.

Rood zwenkgras (*Festuca rubra*, groeit zowel op kleigrond als op arme droge zandgrond

Gewoon struisgras (*Agrostis capillaris*), groeit op alle types bodem met voorkeur voor zandige bodems.

Honingklaver (*Melilotus officinalis*), is een plant van ruderaal milieus op min of meer open, droge tot vochtige, zandige tot kleiige bodems.

Luzerne (*Medicago sativa*)

Olifantengras (*Miscanthus giganteus*)

De uiteindelijke plantkeuze stemmen we af op de aanwezige randvoorwaarden, de resultaten van haalbaarheidsonderzoek (indien tijdig voorhanden) en onderzoek naar effecten van inoculatie, de wensen van terreinbeheerder, de uitgevoerde terreinbezoeken, ...

Inrichting

Opzet

Gezien de diepte van de verontreiniging kiezen we voor het uitvoeren van fyto-remediatie aan de hand van bomen.

Wij opteren om in de randzone van het Carcoke-terrein een fyto-remediatiescherm en hydraulische barrière op te bouwen met snelgroeïende soorten zoals populieren en/of wilgen. Om een sneller effect te bekomen, maar ook de saneringsduur te beperken, kan het plantverband dichter worden uitgevoerd dan normaal. Ook tussen de verharde weg aan de rand van het terrein en de bestaande vijver zal een rij met populieren en/of wilgen worden voorzien om de hydraulische barrière te vervolledigen.

Bepaalde zones zullen verder worden aangeplant met Duindoorn en/of Grassen.

Uitvoering

Op 28 februari 2020 werden tijdens het terreinbezoek door Mario en Dirk de grote lijnen voor de aanplant uitgezet aan de hand van piketten. Dit zowel voor pilootzone 1 als 2. Diezelfde dag werd dit ook in detail overlopen met Hendrik Senaev van Weerwerk.

Een planaanvraag in KLIP werd ook door bio2clean uitgevoerd met betrekking tot de noodzakelijke graafwerken oa. in de buurt van de gasleiding aanwezig in de randzone van het Carcoke-terrein.

De aanplant van pilootzone 1 (randzone van het Carcoke-terrein) werd uitgevoerd door Weerwerk op 5 en 6 maart 2020.

Tijdens de uitvoering werden volgende problemen vastgesteld:

- Door de afstand die gerespecteerd moest worden tov de gasleiding, konden er in de noordelijke rand van het Carcoke-terrein geen hoogstammige bomen worden toegepast, ondanks de aanwezigheid van reeds verschillende hoogstammige populieren;
- De ondergrond van deze zone was moeilijk doordringbaar, zelfs met een kleine graafmachine met bak (zonder tanden) zodat het graven van plantputten van 0,75x0,75x0,75m of een sleuf van 0,3m diepte een hele opdracht of onmogelijk was.

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB



Figuur 2: dikke puinlaag bij uitgraving

De problemen van de ondergrond waren ook reeds aan het licht gekomen bij het uitvoeren van boorwerken door W&B (figuur 3) en het plaatsen van de peilbuizen.



Figuur 3: boorwerken W&B

Op 5 maart 2020 werd tijdens de graafwerken dan ook contact opgenomen met de OVAM betreffende problemen om enerzijds vlot de plantgaten te kunnen graven voor de populieren alsook het feit dat aan de noordelijke rand van het terrein in de directe omgeving van de gasleiding geen plantgaten gegraven konden worden voor hoogstammige bomen.

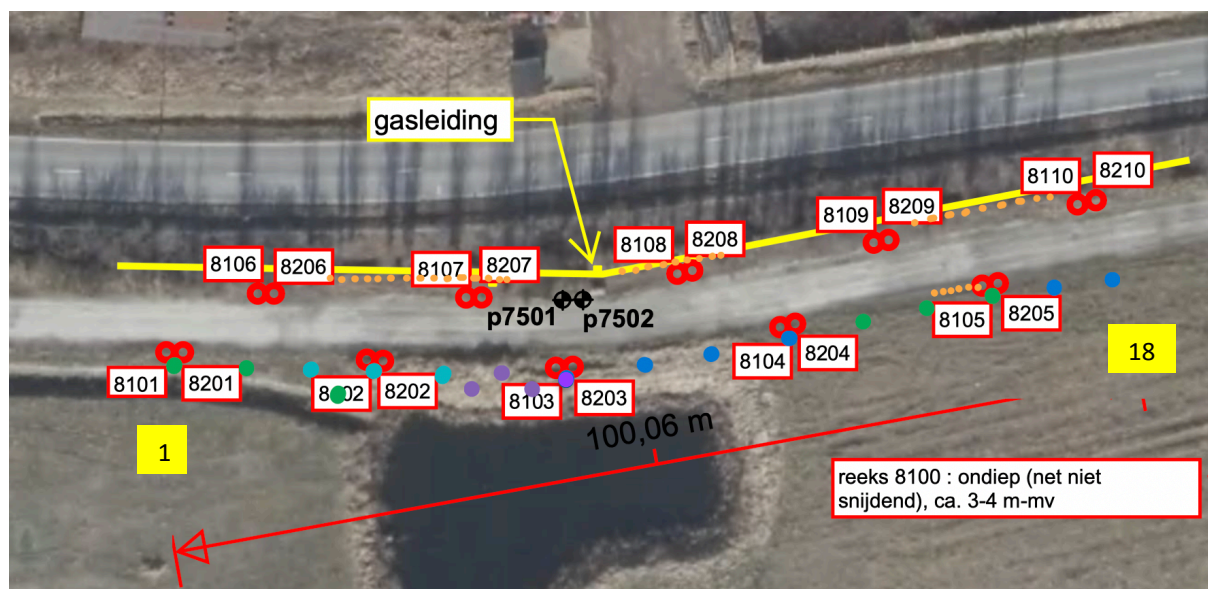
bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

In figuur 4 wordt de uitgevoerde aanplant schematisch weergegeven. Als referentiepunt worden steeds de geplaatste peilbuizen voor iFLUX gebruikt (8101 ... 8110 en 8201 ... 8210). De aanplant uitgevoerd door Weerwerk bestaat uit:

- Hoogstammige populieren aangeplant als 2-jarige poten in een plantgat van 0,75x0,75x0,75m en voorzien van een drainagedarm in de wortelzone in de omgeving van PB8101 tot voorbij PB8205 (figuur 3 en tabel 1).
 - Populus Skado
 - Populus Bakan
 - Populus Dender
 - Populus Marke
- 60 wilgenstekken van de variëteit Salix Tora in een klein plantgat (oranje punten in figuur 3). Gezien de aard van de ondergrond was het niet mogelijk om een sleuf van 0,3m diep hiervoor te voorzien. Hierdoor was het niet mogelijk om in deze sleuf een drainagedarm voor inoculatie te voorzien. Enkel op de plaatsen met de oranje punten was het mogelijk om wilgenstekken in de bodem te krijgen.
- De Duindoorn, die voorkwam als onderbeplanting tussen de bestaande populieren in de noordelijke rand van het Carcoke-terrein, werd waar mogelijk verder aangevuld. Deze zones werden voorafgaandelijk aangeduid door bio2clean op het terrein. Op die manier werd er getracht deze onderbeplanting met Duindoorn zo volledig mogelijk te voorzien in de omgeving van PB8106 tot PB8210. Er werden hier 100 plantjes toegevoegd.



Figuur 4: Aanplant pilootzone 1

In onderstaande tabel en figuur 3 wordt nog eens weergegeven welke soort populier waar werd aangeplant.

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

Tabel 1: Aanplant pilotzone 1

	Soort Populus			Soort Populus
1	Skado		11	Marke
2	Skado		12	Marke
3	Bakan		13	Marke
4	Skado		14	Skado
5	Bakan		15	Skado
6	Bakan		16	Skado
7	Dender		17	Marke
8	Dender		18	Marke
9	Dender			
10	Dender			

De hieronder toegevoegde foto's geven een algemeen beeld van pilotzone 1.

De figuren 5 tem 7 geven een overzichtsbeeld genomen ter hoogte van populier 18 richting Oosten.



Figuur 5: Pilotzone 1a - 5/03/2020



Figuur 6: Pilotzone 1a - 20/03/2020

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB



Figuur 7: Pilotzone 1a - 15/04/2020

Figuur 8 geeft een beeld genomen ter hoogte van PB8210 richting Oosten, terwijl figuur 9 een beeld geeft van PB8206 richting Westen. In deze laatste foto is ook duidelijk de aanplant van de wilgenstekken en de Duindoorn zichtbaar.

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB



Figuur 8: Pilotzone 1b - 6/03/2020



Figuur 9: Pilotzone 1b - 15/04/2020

Centrale zone (reserve)

Aangezien het plantmateriaal reeds aanwezig was, werd voorgesteld het deel dat niet in de rand van pilotzone 1 kon gebruikt worden, zou aangeplant worden op het midden van het Carcoke-terrein. Deze zone was destijds door de OVAM (Goedele Vanacker) voorgesteld als reserve pilotzone. Na telefonische contactname met de OVAM, meer bepaald Katrien Van De Wiele en Tim Caers, werd dan ook hiervoor toestemming gegeven.

In figuur 10 wordt de uitgevoerde aanplant schematisch weergegeven. Als referentiepunt worden steeds de geplaatste peilbuizen p7302, p7401 en p7301 gebruikt.

De aanplant uitgevoerd door Weerwerk bestaat uit:

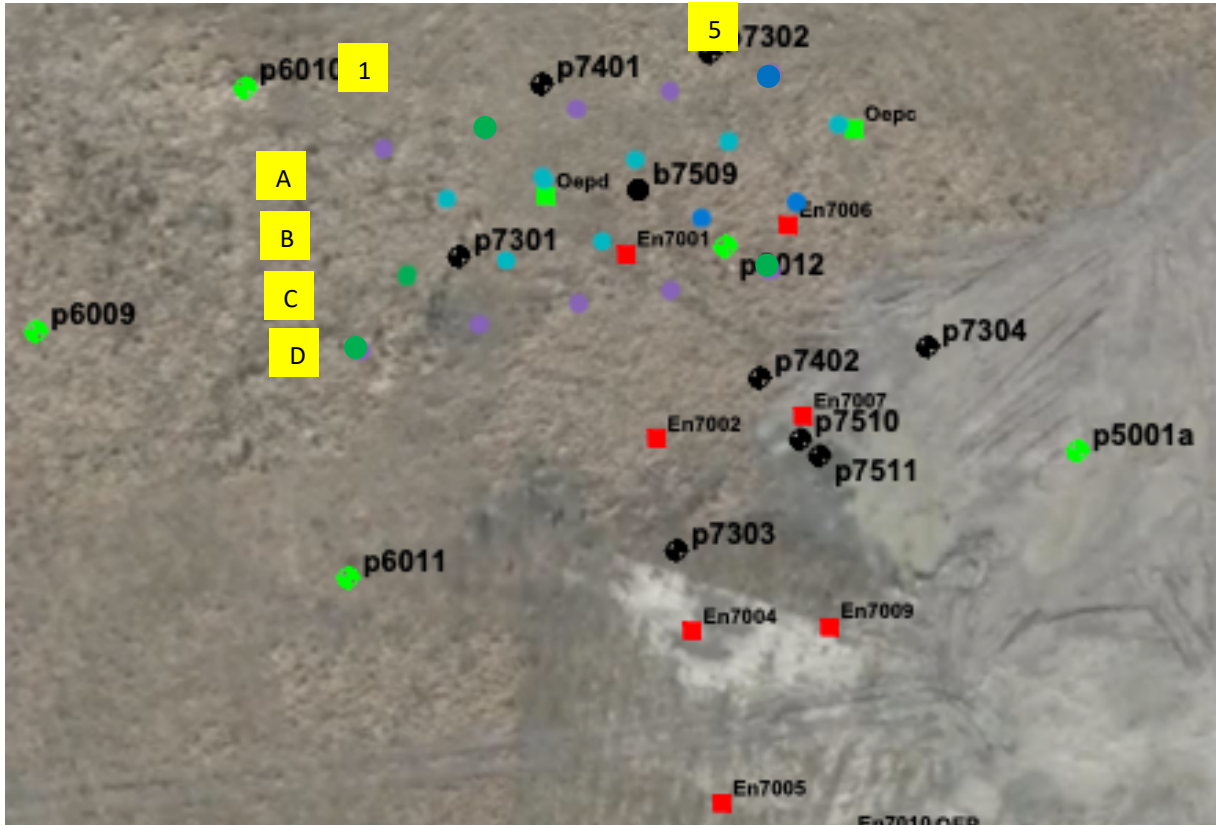
- Hoogstammige populieren aangeplant als 2-jarige poten in een plantgat van 0,75x0,75x0,75m en voorzien van een drainagedarm in de wortelzone op het midden van het Carcoke-terrein (figuur 10 en tabel 2).
 - Populus Skado
 - Populus Bakan
 - Populus Dender
 - Populus Marke

In onderstaande tabel 2 en figuur 10 wordt nog eens weergegeven welke soort populier waar werd aangeplant.

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB



Figuur 10: Aanplant centrale zone

Tabel 2: Aanplant centrale zone

	Soort Populus			Soort Populus
A1	Dender		C1	Skado
A2	Skado		C2	Bakan
A3	Dender		C3	Bakan
A4	Dender		C4	Marke
A5	Marke		C5	Marke
B1	Bakan		D1	Skado
B2	Bakan		D2	Dender
B3	Bakan		D3	Dender
B4	Bakan		D4	Dender
B5	Bakan		D5	Skado

Volgende foto's geven een beeld van de uitgevoerde werken.

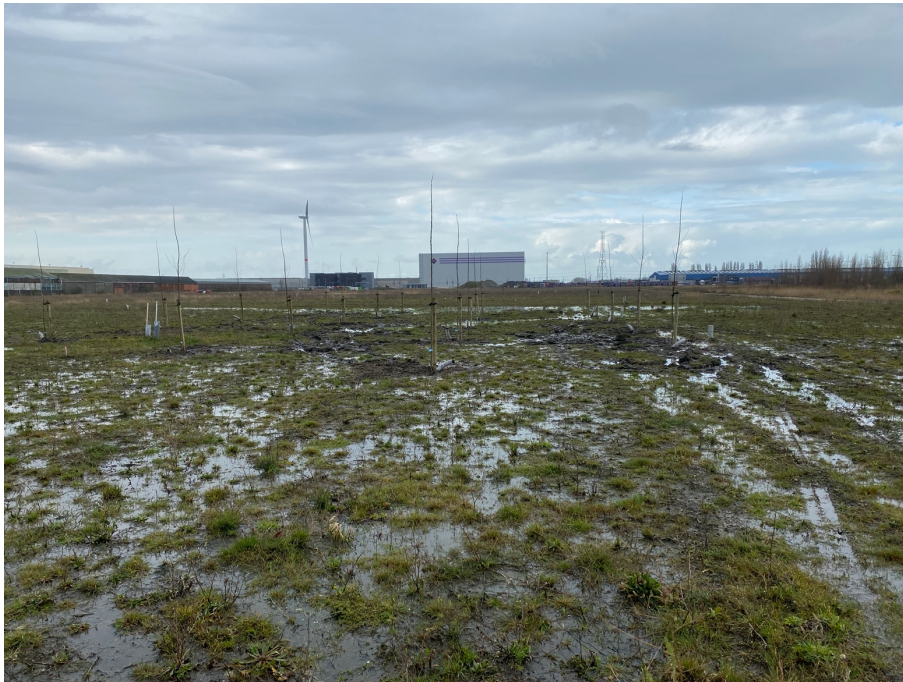


Figuur 11: Aanplant midden Carcoke-terrein

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB



Figuur 12: Aanplant midden Carcoke-terrein

Monitoring

Vorbereiding inoculatie bestaande populieren/wilgen

Bio2clean wil in dit project ook onderzoeken of het mogelijk is om bestaande planten op een verontreinigd terrein te inoculeren met de juiste afbrekende micro-organismen en op deze manier het reinigend vermogen van deze planten een extra duw in de rug te geven. Tevens willen wij onderzoeken op welke manier dit kan toegepast worden en hoe dit positief effect kan gemonitord worden.

De zone die hiervoor geselecteerd werd, is de zone met bestaande populieren en Duindoorn aan de noordelijke rand van het Carcoke-terrein aan de Lisseweegsesteenweg (figuur 1). Door bio2clean werden er op 9 en 10 juli 2020 boringen uitgevoerd naast enkele populieren in de directe omgeving van de twee peilbuizen (8106 en 8109) van iFLUX waar de hoogste concentraties aan verontreiniging werden gemeten. Hierin werd dan ook een filterbuis (1m lengte) voorzien voor de toekomstige inoculatie. Vooraleer kon geboord worden, was het nodig een groot deel van het aanwezige puin in de ondergrond manueel te verwijderen met spade en houweel tot een diepte van minimum 0,30m-mv.

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB



Figuur 13: Manueel werk voor plaatsing filterbuizen voor inoculatie

Aan de populier links van PB 8209 werd een filterbuis voorzien. Zie figuur 3.



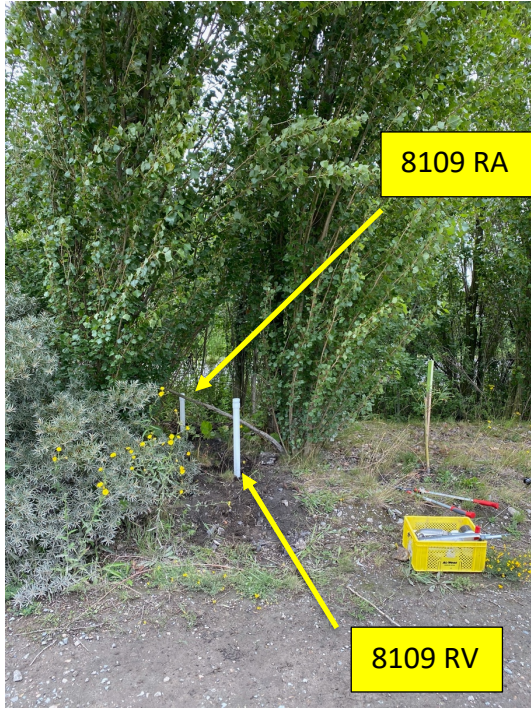
Figuur 14: Filterbuis aan populier bij PB 8209

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

Aan populieren rechts van PB8109 werden twee filterbuizen voorzien tussen de twee aanwezige populieren. De voorste filterbuis kreeg voor de staalname het etiket 8109 RV, terwijl de achterste filterbuis het etiket 8109 RA kreeg. Zie figuur 4.



Figuur 15: Filterbuizen aan de populieren bij PB 8109

Aan de populier links van PB 8106 werd een filterbuis voorzien. Zie figuur 5.



Figuur 16: Filterbuis aan populier bij PB 8106

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

Aan de populier rechts van PB 8206 werd een filterbuis voorzien. Zie figuur 6.



Figuur 17: Filterbuis aan populier bij PB 8206

Staalname voor inoculatie

Hieronder een overzicht van de genomen stalen op locatie. Deze werden direct na staalname bewaard op een temperatuur <math><4^{\circ}\text{C}</math>.

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB



Figuur 18: Stalen genomen op het terrein

Bodemstalen

Er werd op volgende locaties bij de bestaande populieren een bodemstaal genomen bij het boren van de filterbuizen, telkens vanaf een diepte vanaf +/- 0,5m-mv (zie figuur 3, 4, 5 en 6):

- 8209 L
- 8109 RV
- 8109 RA
- 8106 L
- 8206 R

Grondwaterstalen

Ook de peilbuizen 8109 en 8106, beiden ondiepe peilbuizen met een filter tussen 3 en 4m-mv in deze zone (zie figuur 1), werden in het teken van dit onderzoek bemonsterd. Na +/- 10" manueel oppompen werd het eerste water opgevangen in een fles (met vermelding "1^e water"). Dit water was voor beide peilbuizen enorm verontreinigd. Vervolgens werd er nog een 30" doorgepompt en werd een tweede staal met water genomen. De fles van 8106 is echter tijdens het transport gebroken.

Stalen plantmateriaal

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

Samen met de stalen van bodem en grondwater werden ook bij enkele bestaande populieren stalen genomen om te onderzoeken welke verontreinigende producten en/of afbraakproducten er eventueel voorkomen in deze planten. Hiervoor werd er gebruik gemaakt van een “increment borer” om een staal te nemen uit deze planten, telkens op een hoogte van 1m+mv. Deze “tree core samples” werden onmiddellijk geplaatst in een vial en luchtdicht afgesloten voor later onderzoek.



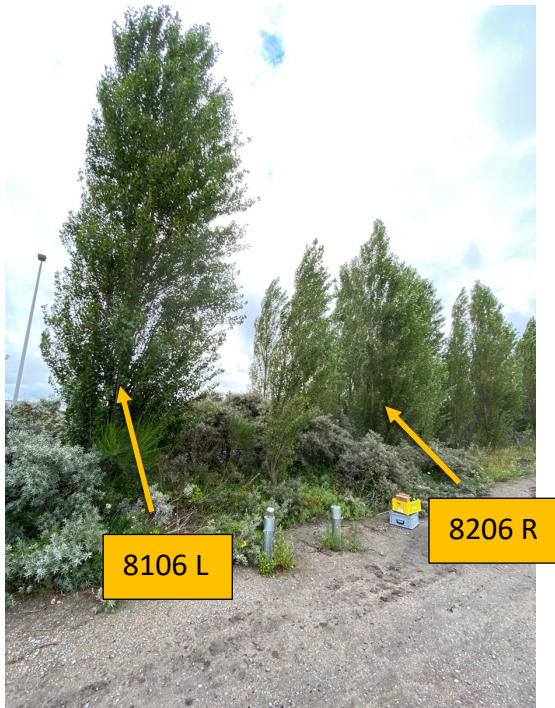
Figuur 19: Tree core samples

Deze staalname gebeurde op de populieren in de onmiddellijke omgeving van de peilbuizen. Aan de peilbuizen 8106 en 8206 werden twee populieren bemonsterd (Figuur 20: Filterbuizen aan de populieren bij PB 8106 en PB 8206 + tree cores).

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB



Figuur 20: Filterbuizen aan de populieren bij PB 8106 en PB 8206 + tree cores

Aan de peilbuizen 8209 en 8109 werden drie populieren bemonsterd (figuur 22 en 23).

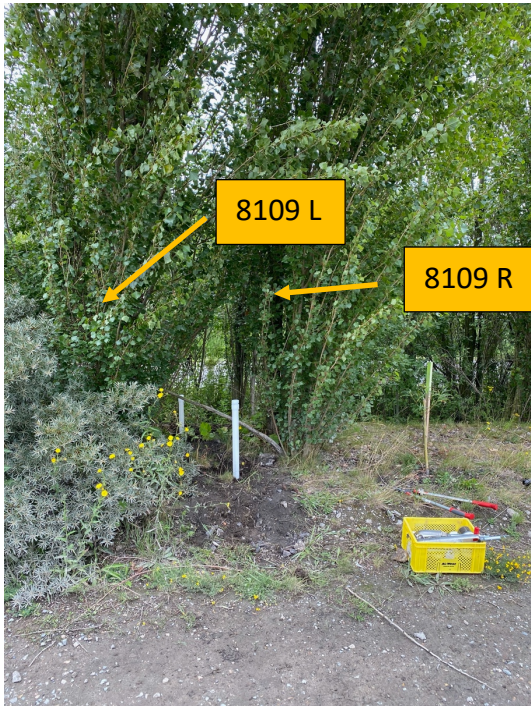


Figuur 21: Filterbuis aan populier bij PB 8209 + tree core

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB



Figuur 22: Filterbuizen aan de populieren bij PB 8109 + tree cores

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

Pilootzone 2

Concept

In de oeverzone werden door Witteveen & Bos op 22 januari 2019 bodemstalen genomen en onderzocht op het gehalte aan PAK's, minerale olie en BTEX.

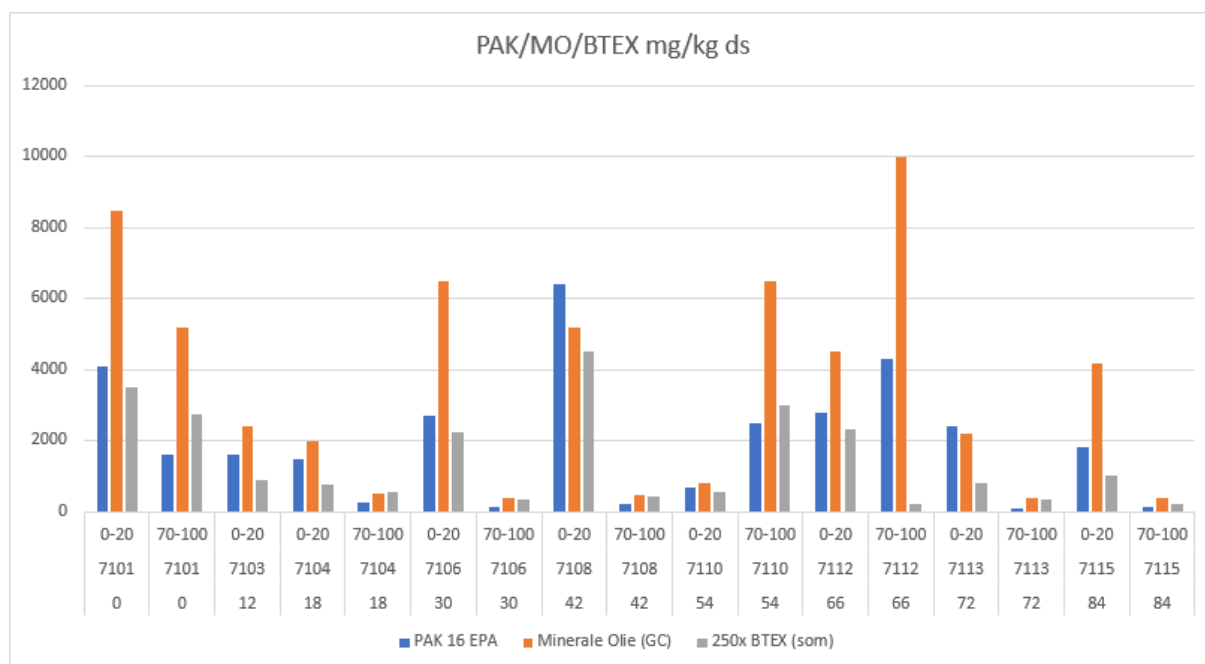


Figuur 23: Pilootzone 2

De staalnamepunten zijn weergegeven op het overzichtsplan in bijlage 8 van het concept (figuur 13).

De resultaten zijn weergegeven in de tabel in bijlage 10 van het concept.

Onderstaande figuur 14 geeft een overzicht van de resultaten (bron: Witteveen & Bos)



Figuur 24: Resultaten oeverzone

De resultaten laten toe om voor deze oeverzone het concept op te stellen.

Aangezien op het moment van het schrijven van dit concept het nodige haalbaarheidsonderzoek volgens de Code van goede praktijk Fytoremediatie, nog niet werd uitgevoerd zijn wij momenteel genoodzaakt de haalbaarheid in te schatten op basis van de voorliggende resultaten en het eerder uitgevoerde terreinbezoek (dd. 17/05/2019).

Gezien de diepte van de verontreiniging kiezen we voor het uitvoeren van fytoremediatie aan de hand van de bestaande vegetatie en bijkomend aan te planten soorten.

Plantkeuze

Tijdens het terreinbezoek van 17/05/2019 werd er volgende vegetatie vastgesteld aan de oeverzone van het Zijdelings Vaartje:

- **Riet** (*Phragmites australis*)
- **Dauwbraam** (*Rubus caesius*)

Aangezien de huidige vegetatie weinig of geen hinder ondervindt van de aanwezige verontreiniging, zowel in het vaste deel van de bodem, met minerale olie, BTEX en PAK's en in mindere mate met zware metalen en cyaniden, kan in de pilootzone zeker al verder gewerkt worden met dezelfde soorten. Het is wel belangrijk bij het kiezen van de variëteiten rekening te houden met de specifieke omstandigheden aanwezig op deze locatie, meer bepaald met de zandige bodem, de verzilting, de zeewind, ...

De huidige vegetatie van Riet en Dauwbraam zal in een deel van de pilootzone 2 behouden blijven. In een tweede deel van de pilootzone zal de bestaande vegetatie verwijderd worden en vervangen door soorten voor wisselnatte gronden zoals

- **Grote lisdodde** (*Typha latifolia*)
- **Kleine lisdodde** (*Typha angustifolia*)
- **Gewone kattestaart** (*Lythrum salicaria*)
- **Gele lis** (*Iris pseudacorus*)

Ook in deze zone zal een inoculatie uitgevoerd worden.

Als test overwegen wij ook om een klein deel van het tweede deel waarin minder verontreiniging voorkomt een strook in te zaaien met specifieke soorten voor natte of moerassige bodems. De zaaidichtheid bedraagt 1 tot 2 gram/m².

Natte of moerassige gronden in de zon:

- **Wilde bertram** (*Achillea ptarmica*)
- **Gewone engelwortel** (*Angelica sylvestris*)
- **Barbarakruid** (*Barbarea vulgaris*)
- **Dotterbloem** (*Caltha palustris*)
- **Pinksterbloem** (*Cardamine pratensis*)
- **Kale jonker** (*Cirsium palustre*)
- **Brede orchis** (*Dactylorhiza fistulosa*)
- **Moeraswespenorchis** (*Epipactis palustris*)
- **Moerasspirea** (*Filipendula ulmaria*)
- **Gevlekt hertshooi** (*Hypericum maculatum obtusiusculum*)
- **Gevleugeld hertshooi** (*Hypericum tetrapterum*)
- **Gele iris** (*Iris pseudacorus*)
- **Moerasrolklaver** (*Lotus pendunculatus*)
- **Gewone veldbies** (*Luzula campestris*)
- **Wolspoot** (*Lycopus euroaeus*)
- **Grote wederik** (*Lysimachia vulgaris*)
- **Kattestaart** (*Lythrum salicaria*)
- **Watermunt** (*Mentha aquatica*)

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB



- **Brunel** (*Prunella vulgaris*)
- **Heelblaadjes** (*Pulicaria dysenterica*)
- **Scherpe boterbloem** (*Ranunculus acris*)
- **Kleine ratelaar** (*Rhinanthus minor*)
- **Echte koekoeksbloem** (*Siene flos-cuculi*)
- **Poelruit** (*Thalictrum flavum*)
- **Valeriaan** (*Valeriana officinalis*)

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

Inrichting

Opzet

Gezien de diepte van de verontreiniging kiezen we voor het uitvoeren van fytoremediatie aan de hand van de bestaande en nieuwe vegetatie.

De huidige vegetatie van Riet en Dauwbraam zal in een deel van de pilootzone 2 behouden blijven. Dit deel zal voor de pilootproef verder opgesplitst worden in twee zones, waar met de eerste zone verder niets gebeurt en in de tweede zone een inoculatie zal uitgevoerd worden met geschikte micro-organismen om het fytoremediatieproces te verbeteren en te versnellen.

In een tweede deel van de pilootzone zal de bestaande vegetatie verwijderd worden en vervangen door soorten voor wisselnatte gronden zoals

- **Grote lisdodde** (*Typha latifolia*)
- **Kleine lisdodde** (*Typha angustifolia*)
- **Gewone kattestaart** (*Lythrum salicaria*)
- **Gele lis** (*Iris pseudacorus*)

Ook in deze zone zal een inoculatie uitgevoerd worden.

Wij verwachten bij het aanplanten van de lisdodde dat het nodig zal zijn een beperkte oppervlakte te plaggen (dominantie rietvegetatie). De vrijgekomen (verontreinigde) grond 'kan' mogelijk op het Carcoke-terrein worden aangebracht om eventueel verder met fytoremediatie te worden behandeld. Dit dient verder met de OVAM te worden afgestemd.

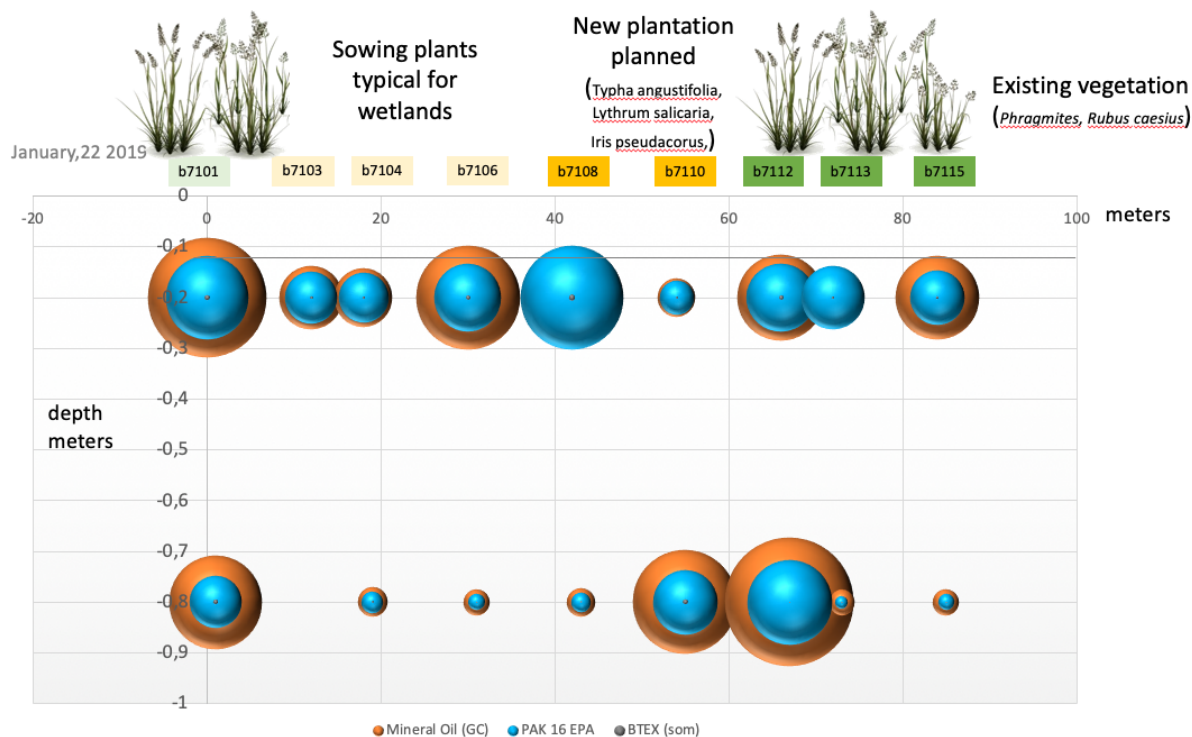
Als test overwegen wij ook om een klein deel van het tweede deel waarin minder verontreiniging voorkomt een strook in te zaaien met specifieke soorten voor natte of moerassige bodems. De zaaidichtheid bedraagt 1 tot 2 gram/m².

Op basis van de huidig gekende gegevens voorzien wij om deze pilootzone 2 als volgt aan te leggen:

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB



Figuur 25: Voorstel opdeling pilotzone 2

Uitvoering

Op 28 februari 2020 werden tijdens het terreinbezoek door Mario en Dirk de grote lijnen voor de aanplant uitgezet aan de hand van piketten. Dit zowel voor pilotzone 1 als 2. Diezelfde dag werd dit ook in detail overlopen met Hendrik Senaev van Weerwerk.

De aanplant van pilotzone 2 (oeverzone van het Zijdelings Vaartje) werd uitgevoerd door Weerwerk op 15 april 2020.

Voorafgaandelijk werd door Weerwerk de zone van b7108 tem b7110 meermaals gebrand om de bestaande rietvegetatie in deze zone zo goed als mogelijk terug te dringen zodat een nieuwe aanplant met grote Lisdodde meer kans tot slagen zou hebben.

Op 15 april 2020 werden volgende werken uitgevoerd door Weerwerk:

- Het graven van een sleuf en het plaatsen van een drainagedarm voor inoculatie boven op de oever over deze zone;
- Het voorzien van een V-vormige groef in de helling van het Zijdelings Vaartje, +/- 0,5-1m boven het huidige waterpeil;
- Het voorzien van plantgaten en het aanplanten van 500 planten van de Grote Lisdodde in deze zone.

Volgende foto's geven een beeld van de uitgevoerde werken.

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB



Figuur 26: Pilotzone 2 - sleuf drainagedarm



Figuur 27: Pilotzone 2 - V-vormige sleuf



Figuur 28: Grote Lisdodde



Figuur 29: Pilotzone 2 - aanplant

Pilootzone 3

Concept

Voor pilootzone 3 zal een phytopile opgezet worden met verontreinigd ruimingsslib uit de Lieve.

Phytopiling is een vorm van fyto-remediatie, in dit geval **micro-organisme geassisteerde fytodegradatie en rhizodegradatie**, waarbij de bodem of de waterbodem (indien nodig na voldoende ontwateren) op een heuvel, verder pile genoemd, wordt gestapeld.

Onder de pile wordt een HDPE folie, of gelijkaardig, aangebracht om contact van de verontreinigde grond met de bodem te vermijden. Onderaan en om de 0,5 meter ophoging worden bij de aanleg horizontale drains geplaatst om een passieve beluchting te creëren. De piles worden mogelijk afgewerkt met een dunne laag (ca. 5 cm) niet verontreinigde grond of teelaarde en worden vervolgens ingezaaid met passende grassoorten en kruidachtigen. Er kunnen ook wilgenstekken of andere planten worden gebruikt, afhankelijk van de gebruikte toepassing en verontreiniging. De hoogte van de piles wordt in dit geval beperkt tot 1 m of max 1,5m om een goede doorworteling te garanderen.

Plantkeuze

Voor het uitvoeren van fyto-remediatie op de phytopiles opteren wij om te werken met volgende planten: grassen en eventueel graangewassen om helling snel te stabiliseren.

- **Engels raaigras** (*Lolium perenne*)
- **Italiaans raaigras** (*Lolium multiflorum*)
- **Frans raaigras – Gewone glanshaver** (*Arrhenatherum elatius subsp. Elatius*)

Deze plantkeuze zal verder worden geoptimaliseerd met behulp van de resultaten van de potproeven uit het haalbaarheidsonderzoek van de UHasselt.

Inrichting

Opzet

Op basis van de huidig gekende gegevens voorzien wij om deze pilootzone 3 als volgt aan te leggen:

- 1) 1 grote phytopile: afmetingen (laag 1: 4m x 10m) x 1,5m hoog (3 lagen) met 2 zones:
 - a) Met inoculatie
 - b) Zonder inoculatie

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

- 2) 4 kleinere phytopies: afmetingen (3m x 5m) x 0,5m hoog (1 laag)
- a) Met inoculatie
 - b) Zonder inoculatie
 - c) Met geïnoculeerde zaden
 - d) Zonder verluchting

Onder de pile wordt een HDPE-folie, of gelijkaardig, aangebracht om contact van de verontreinigde grond met de bodem te vermijden.

Alle phytopies worden voorzien van drainagebuizen in kokos Ø 80mm. Deze worden dwars op de phytopies geplaatst en herhaald om de 1 meter over de volledige lengte van de phytopies. Bij de uitvoering wordt er indien mogelijk mee rekening gehouden dat het midden van de drainagebuizen 10 à 20cm lager ligt dan de twee uiteinden, die +/- 20cm uitsteken voorbij de helling van de phytopies.

Bij phytopile 1 worden deze drainagebuizen voorzien op een hoogte van 50 en 100 cm (zie onderstaande figuur). Bij de phytopies 2 tem 5 worden de drainage buizen voorzien op een hoogte van 30 cm.

Uitvoering

Op 1 oktober 2020 werden de phytopies op de locatie van Envisan en met de medewerking van Envisan aangelegd.

De phytopies werden aangelegd naar analogie met het opzet. Hierbij werd er getracht de afmetingen in de mate van het mogelijke aan te houden aangezien er gewerkt werd met een graafmachine en de continue regen het werk er niet eenvoudiger er op maakte. Aangezien er op het einde van de werken nog sediment over was, werd er besloten nog een zesde phytopile aan te leggen. Deze heeft alleszins gelijkaardige afmetingen dan de grote phytopile.

De drainagebuizen werden voorzien in de phytopies zoals in het opzet vermeld. Tevens werd er op de phytopies een toplaag van grond met compost (De Witte) van 3 à 4 cm voorzien. Deze grond met compost is een gemengd, organisch bodemverbeterend middel samengesteld uit zandleem, groencompost en schorscompost. Enkel de extra phytopile heeft deze toplaag niet bekomen en kan bijgevolg aanzien worden als een phytopile met de minst goede condities.

Volgende foto's geven een beeld van de uitgevoerde werken.

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB



Figuur 30: Aanleg phytostacks



Figuur 31: Overzicht phytobeds.

Samengevat werden volgende phytobeds ter plaatse aangelegd:

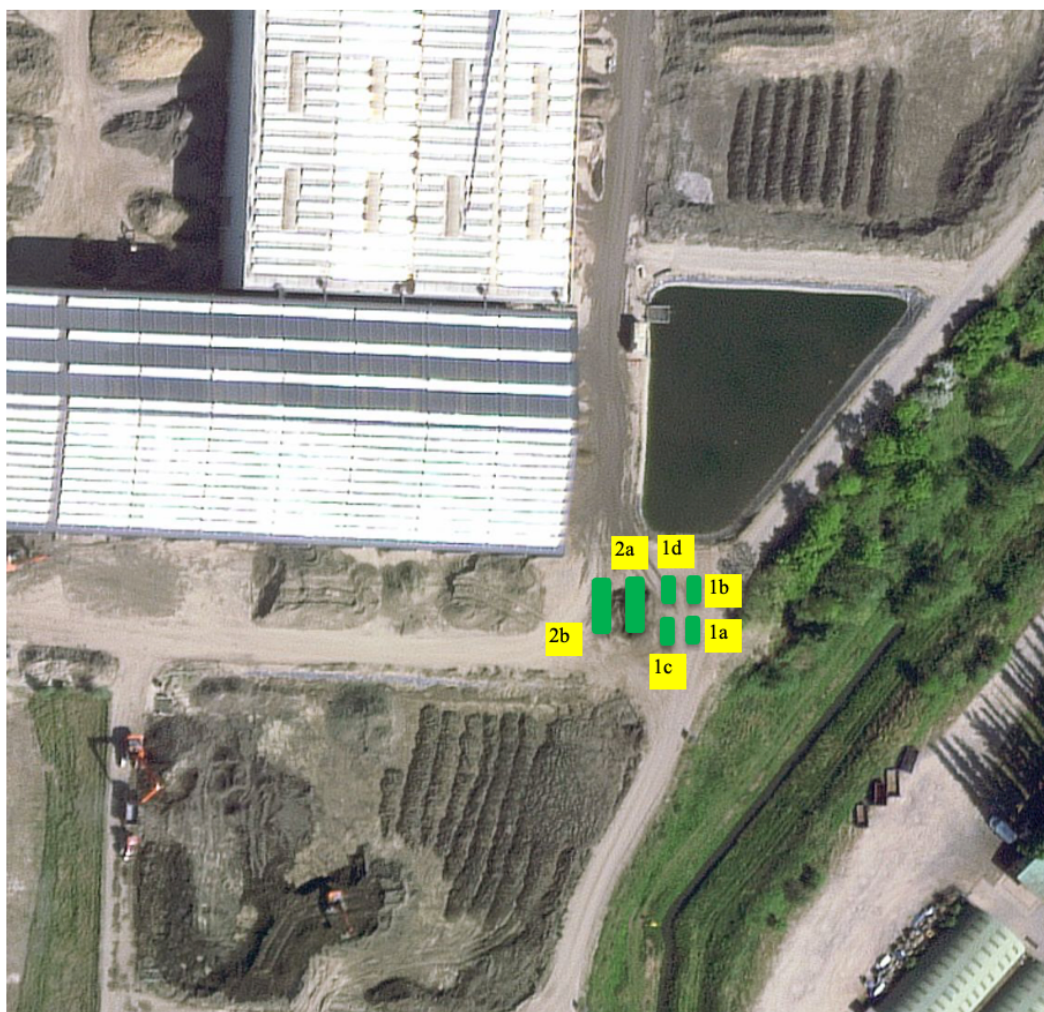
- 1) Kleine phytobeds (afmetingen +/- 3 m x 5 m x 0,5 m)
 - a) Met drainagebuizen en toplaag
 - b) Met drainagebuizen en toplaag
 - c) Met drainagebuizen en toplaag
 - d) Zonder drainagebuizen en toplaag
- 2) Grote phytobeds (afmetingen +/- 4 m x 8 m x 1,5m)
 - a) Met drainagebuizen en toplaag
 - b) Zonder drainagebuizen en zonder toplaag

Onderstaande luchtfoto geeft deze phytobeds ook schematisch weer:

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB



Figuur 32: Locatie phytopyles op Envisan

De juiste opzet van iedere phytopyle wordt hieronder weergegeven en is tevens gebaseerd op het haalbaarheidsonderzoek in uitvoering bij UHasselt:

2B (geen beluchting)

2B-1	1	AE
2B-2	2	Mistral coat
2B-3	3	Mistral coat
2B-4	4	Mistral
2B-5	5	Mistral
2B-6	6	FA

2A (beluchting + inoculatie)

2A-1	7	LP
2A-2	8	Grandslam
2A-3	9	Mistral/FB
2A-4	10	Mistral coat
2A-5	11	Mistral coat/agr. Coat
2A-6	12	FA

1D (geen beluchting)

1D-1	13	FA
1D-2	14	Agr
1D-3	15	Mistral
1D-4	16	LP

1B (beluchting + inoculatie)

1B-1	17	Agr -i
1B-2	18	Agr coat -i
1B-3	19	Mistral coat -i
1B-4	20	Mistral -i

1C (beluchting)

1C-1	21	Agr
1C-2	22	Agr coat
1C-3	23	Mistral coat
1C-4	24	Mistral

1A (beluchting + Melilotus + inoc)

1A-1	25	LP -i
1A-2	26	Mistral -i
1A-3	27	Agr -i
1A-4	28	FA -i

Figuur 33: Opzet phytopyles

De drainagedarmen werden ingekort. De verschillende grassen werden op 23/10/2020 ingezaaid volgens het schema weergegeven in Figuur 33: Opzet phytopyles.

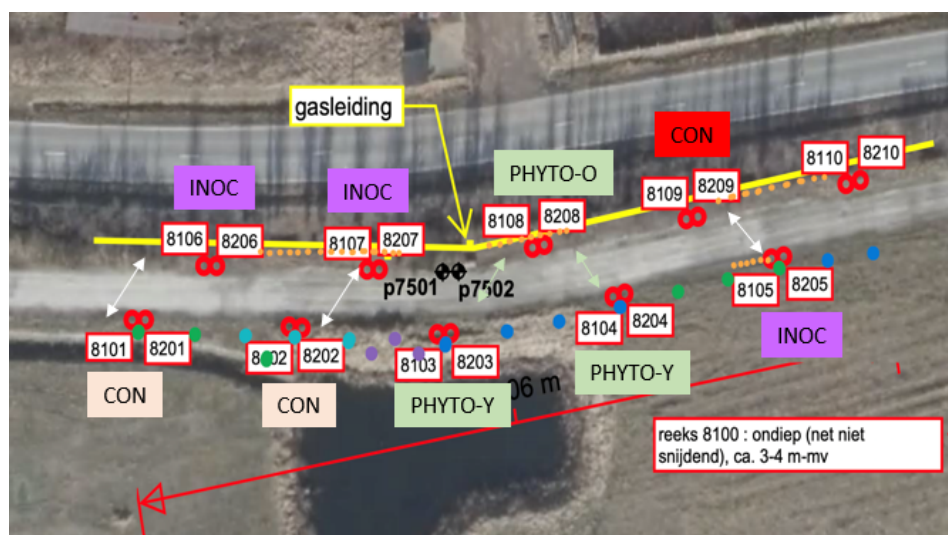
Inoculatie

Op 18/06/2021 heeft bio2clean de kweekstart voor het opkweken van het inoculum aan de UHasselt laten ophalen. Deze kweekstart heeft bio2clean vervolgens laten toevoegen aan de bioreactor waarna in de daaropvolgende dagen het benodigde volume aan inoculum kon worden opgekweekt. Op 24/06/2022 werd dit inoculum overgeheveld in steriele vaten voor transport naar de locatie en dus de verschillende pilotvelden.

Pilootzone 1

Op 25/06/2021 heeft bio2clean pilootzone 1 laten inoculeren:

- 4 nieuwe populieren in de zone rond de peilbuis 8105
- 2 bestaande populieren in de zone rond de peilbuizen 8106 en 8107
- Duindoornstruiken in de zone tussen de peilbuizen 8106 en 8107



Figuur 34: Inoculatie en monitoring pilootzone 1

Op hetzelfde moment heeft bio2clean ook alle nieuwe populieren (20 stuks) in de centrale zone van het Carcoke-terrein laten inoculeren.

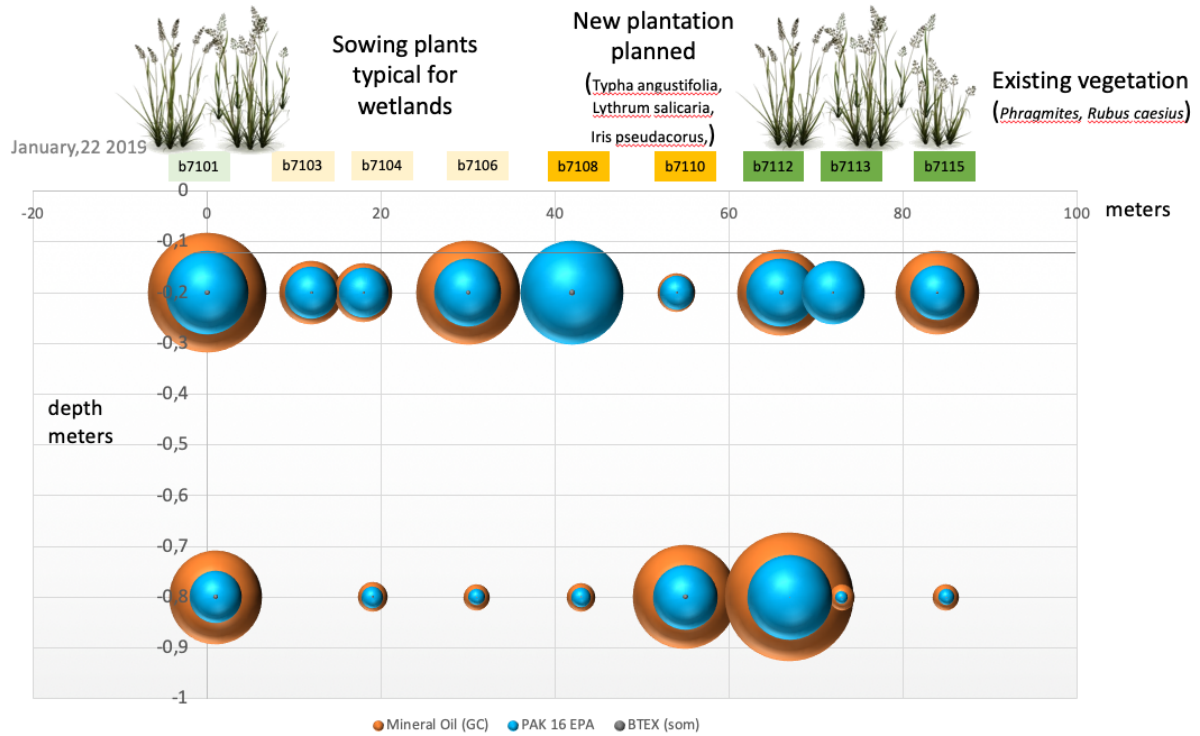
Pilootzone 2

Op 25/06/2021 heeft bio2clean pilootzone 2 laten inoculeren. Dit gebeurde in de zone van boring b7108 tot b7115. De zone van b7101 tot b7107 werd niet geïnoculeerd.

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

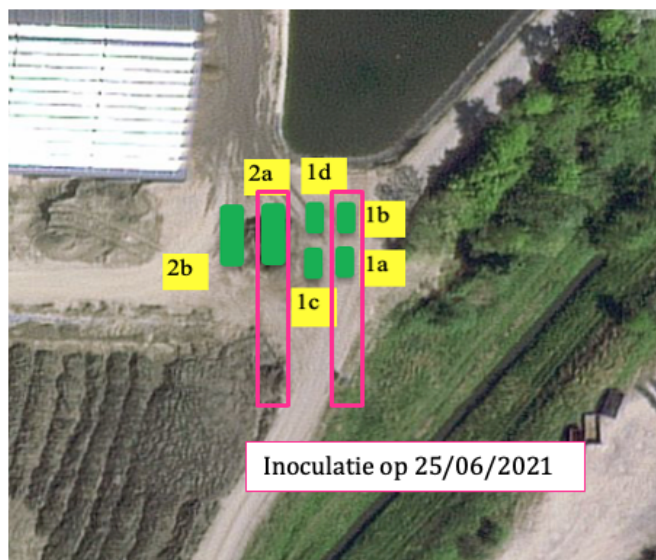


Figuur 35: Inoculatie en monitoring pilotzone 2

Pilootzone 3

Op 25/06/2021 heeft bio2clean pilootzone 3 laten inoculeren volgens Figuur 33: Opzet phytopiles:

- 1 grote phytopile, nl 2A
- 2 kleine phytopiles, nl 1B en 1A



Figuur 36: Inoculatie phytopiles

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

OVAM
Stationsstraat 110 - 2800 Mechelen
T +32 15 284 375
www.ovam.be
Att.: Hans Vincent

RESANAT: Literatuurstudie

Dit document is een literatuurstudie 'fytoremediatie' voor het saneren van een verontreiniging met koolwaterstoffen in de bodem en grondwater op de Carcoke site in Zeebrugge, onderdeel van het project BN190801, uitgevoerd door UHasselt in opdracht van OVAM, met bio2clean als uitvoerder van de fytoremediatie.

Dr Sofie Thijs
Dr Valeria Imperato

1.0 Achtergrond en doelstellingen

Fytoremediatie maakt gebruik van planten voor het saneren van verontreinigingen in bodem en grondwater. Het wordt gebruikt bij de behandeling van tal van organische verontreinigingen en via verschillende mechanismen, zoals beschreven in de code van goede praktijk, waaronder directe opname via de wortels en translocatie van de verontreinigde stof (metaal, organische pollutie) in de bovengrondse plantendelen, metabolisme van de verontreinigende stoffen (fytodegradatie), vervluchtiging via de huidmondjes, of interacties tussen bodem microorganismen, plant en pollutie in de wortelzone. Fytoremediatie-technieken zijn over het algemeen eenvoudig te implementeren en betaalbaar, zoals blijkt uit voorgaand onderzoek. Ondanks een goede kennis van de saneringsmechanismen en succesvolle laboratoriumstudies, is het wel nog steeds een uitdaging om fyto-remediatie haalbaarheidsonderzoek van het labo naar het veld te transfereren, omdat elke site anders is en uniek. Dit is niet anders voor de RESANAT-locatie Carcoke in Zeebrugge, waar de belangrijkste verontreinigende stoffen naftaleen, BTEX en minerale olie zijn. Belangrijke beperkingen zijn de aanwezigheid van ondergrondse gasleidingen, zout grondwater, gebrek aan Mg en K, zeer heterogene verspreiding van de verontreiniging in het bodemprofiel, veenlagen en zeer hoge naftaleenconcentraties. Verbeteringen in de praktische implementatie van fyto-remediatie voor sites zoals Carcoke vereisen een beter begrip over welke planten het goed doen in deze condities, en dus meest geschikt zijn voor de sanering, en welke micro-organismen en interacties er betrokken zijn bij de afbraak van de organische verontreinigingen. Veel mechanismen van de veelzijdige interacties tussen planten, plant-geassocieerde micro-organismen en verontreinigingen blijven relatief oppervlakkig gedefinieerd, waardoor er behoefte is aan uitgebreider onderzoek vanuit theoretisch oogpunt (literatuuronderzoek) en praktisch oogpunt om uitdagingen in het fyto-remediatie onderzoek aan te pakken.

In deze literatuurstudie beschrijven we het probleem van de verontreiniging van koolwaterstoffen in de bodem, de algemene eigenschappen van enkele koolwaterstof componenten, hun lot in het milieu en ecologische effecten. Vervolgens beschrijven we de betrokken fyto-remediatie-mechanismen, waaronder fytodegradatie, rhizodegradatie en fytovolatilisatie op basis van de literatuur. We eindigen met een overzichtstabel met plantensoorten die geschikt zijn voor het Belgische klimaat, en de bijbehorende microorganismen (bacteriën), die kan worden gebruikt als basis voor het kiezen van planten en bacteriële inocula voor de Carcoke-site.

1.1 Abstract

www.cmk.uhasselt.be

Milieuverontreinigingen veroorzaakt door aardolie en zijn derivaten zijn belangrijk omdat petroleum-koolwaterstoffen giftig zijn voor alle vormen van leven. Volgens het Europees Milieuagentschap (2019) spreken rapporten van landen in heel Europa over minstens 250,000 verontreinigde locaties, vooral verontreinigd met minerale olie. Koolwaterstoffen vormen ook één van de bestanddelen van luchtverontreiniging: ongeveer 90% van de stadsbewoners in Europa wordt blootgesteld aan verontreinigende stoffen in concentraties die hoger zijn dan de luchtkwaliteitsnormen die schadelijk worden geacht voor onze gezondheid.

Maar wat is aardolie of petroleum? De term aardolie wordt gebruikt voor een extreem complex mengsel van een grote verscheidenheid aan koolwaterstoffen met een laag en hoog molecuulgewicht bestaande uit koolstof- en waterstofatomen in een verscheidenheid aan structurele configuraties en met verschillende fysische en chemische kenmerken. Olie spills zijn de belangrijkste oorzaak van het vrijkomen van hoge concentraties petroleumkoolwaterstoffen in het milieu. Hierna verspreiden de koolwaterstoffen zich en verplaatsen ze zich door en op de oppervlakken van verontreinigde locaties en ondergaan ze verschillende fysisch-chemische veranderingen die hun lot in de omgeving en hun ecotoxiciteit beïnvloeden. In de afgelopen decennia zijn verschillende saneringsmethoden voor olie verontreinigingen ontwikkeld zoals fysisch-chemische in-situ- en ex-situ technologieën en biologische saneringsmethoden (bijv. natuurlijke attenuatie, biostimulatie, bioaugmentatie, fyto-remediatie). Fyto-remediatie technieken (waaronder hydraulische controle, fytovolatilisatie, rhizo-remediatie) gebruiken planten en de bijbehorende micro-organismen om verschillende verbindingen te ontgiften, waaronder petroleumkoolwaterstoffen in de lucht, grond en water. De belangrijkste voordelen van het gebruik van fyto-remediatie zijn lagere kosten, toepasbaarheid op lange termijn, gemakkelijke implementatie en onderhoud, esthetische voordelen, een soms langzamere maar effectievere verwijdering van de verontreinigende stoffen door de synergie en combinatie van verschillende mechanismen.

In het kader van het gebruik van planten en de bijbehorende micro-organismen om de verontreiniging van petroleum-koolwaterstoffen te ontgiften, is een diepgaand begrip van het fyto-bioom cruciaal. Het fyto-bioom omvat planten, hun directe omgeving, en alle organismen die er microscopisch en macroscopisch mee interageren. Nieuwe -omics technologieën kunnen bijdragen aan het bevestigen van het potentieel van het fyto-bioom in bioremediatie, maar er is momenteel nog meer onderzoek nodig voordat een boom kan worden 'ontworpen' als een efficiënte bioreactor systeem op veldschaal.

1.2 Petroleum koolwaterstoffen (PKW) verontreiniging

Milieuverontreiniging veroorzaakt door aardolie en zijn derivaten is belangrijk omdat in bepaalde concentraties petroleumkoolwaterstoffen giftig zijn voor alle vormen van leven (Tormoehlen et al., 2014). Petroleum-koolwaterstoffen (PKW) worden aangetroffen in ruwe olie en komen vooral in het milieu terecht door langdurige lekkage, onopzettelijk morsen of bedrijfsstoringen, met name op petrochemische locaties en opslagruimten, afvalputten, raffinaderijen en olie lekkages. PKW worden beschouwd als persistente, gevaarlijke verontreinigende stoffen en omvatten verbindingen die

kunnen bioconcentreren en bioaccumuleren in voedselketens die acuut giftig zijn (Vignier et al., 2019).

1.2.1 PKW: structuur, eigenschappen

De term petroleum verwijst naar een extreem complex mengsel van een grote verscheidenheid aan koolwaterstoffen met een laag en hoog molecuulgewicht (vaak aangeduid als Total Petroleum Hydrocarbons - TPH of Petroleum HydroCarbons – PHC in het Engels) gemaakt door koolstof- en waterstofatomen gerangschikt in verschillende structurele configuraties (aromatische koolwaterstoffen, alifatische koolwaterstoffen, heterocyclische koolwaterstoffen en asfaltenen) met verschillende fysische en chemische eigenschappen (Das & Chandran, 2011).

De PKW-groep omvat vluchtige petroleum-koolwaterstoffen (VKW) en extraheerbare petroleum-koolwaterstoffen (EKW). VKW zijn ook bekend als benzine- of benzine-organische stoffen (GRO) die andere eigenschappen vertonen in vergelijking met diesel-organische stoffen (DRO). Organische producten uit het benzinebereik komen overeen met alkanen met een korte keten met een aantal koolstofatomen van 6 tot 10, een laag kookpunt (60-170 °Celsius) en vluchtige aromatische verbindingen zoals de monoaromatische koolwaterstoffen, benzeen, toluen, ethylbenzeen en xylenen (BTEX). Omgekeerd omvatten organische stoffen uit het dieselassortiment alkanen met een langere keten (C10-C28), hydrofobe chemicaliën als polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) en organische stoffen uit het oliegebied (C29-C35). Benzine, kerosine, dieselbrandstof, vliegtuigbrandstof, Stoddard-oplosmiddel, minerale motorolie, stookolie nr. 5 en 6, ethylbenzeen, benzeen, toluen, xylenen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen behoren tot de meest voorkomende chemicaliën die PHC vormen. Deze chemicaliën hebben koolstof bereiken tussen $\geq C5$ en $\leq C35$ (Kuppusamy et al., 2017) (**Tabel 1.1**).

	Benzine	Kerosine	Diesel	Jet fuels	Stoddard solvënten	Motor olie	Stookolies No. 5 and 6	Benzeen	Ethylbenzeen	Toluuen	Xyleen
Moleculair gewicht	100-105	170	200	180	135-145	NA	NA	78	106	92	106
Kleur	Kleurloos tot bleekbruin	Kleurloos tot bruin	Kleurloos tot bruin	Kleurloos tot bleekbruin	Kleurloos	Geelbruin tot zwart	Bruin tot zwart	Kleurloos tot lichtgeel	Kleurloos	Kleurloos	Kleurloos
Fysische toestand	vloeistof	vloeistof	vloeistof	vloeistof	vloeistof	vloeistof	vloeistof	vloeistof	vloeistof	vloeistof	vloeistof
Smeltpunt (°C)	NA	-46	18	-112	NA	-34	NA	6	-95	-95	-38
Kookpunt (°C)	39-204	175-325	282-338	45-300	154-202	360	>260	80	136	111	137-140
Dichtheid (g cm⁻³)	0.7-0.8	0.8-0.9	0.8-1	0.7-0.8	0.8	NA	0.9-1	0.9	0.9	0.9	0.9
Geur drempel (mg L⁻¹)	0.03	0.08	NA	1	NA	NA	NA	5	0.03-3	0.02-0.2	0.005-0.05
Oplosbaarheid in (a) Water (mg L⁻¹ at 20 °C)	Oplosbaar	Soluble	5	38-57	Oplosbaar	Oplosbaar	Oplosbaar	2	140-208	526	106-178
(b) Organische solvënten	Oplosbaar in ethanol, ether, chloroform, and benzene	Oplosbaar in andere petroleum solvents	NA	Oplosbaar in benzene en cyclohexaan	Oplosbaar in ethanol, benzene, ether, chloroform, koolstof tetrachloride, koolstof disulfide	NA	NA	Oplosbaar in alcohol, chloroform, koolstof disulfide, koolstof tetrachloride, glacial acetic acid, diethyl ether	Oplosbaar in alcohol end ether	Oplosbaar in alcohol, chloroform, koolstof disulfide, glacial acetic acid, diethyl ether, acetone	Oplosbaar in alcohol, ether, andere organische solvents
Partitie coëfficiënten (a) Log K_{ow}	2 tot 5	3 tot 7	3 tot 7	3 tot 5	3 tot 7	NA	NA	2	3 tot 4	3	3
(b) Log K_{oc}	2 tot 5	3 tot 7	3 tot 6	NA	3 tot 7	NA	NA	2	2 tot 3	2 tot 3	2
Damp druk (mm Hg)	465-773	2 tot 26	2 tot 26	91-2480	4 tot 5	NA	0.2	75	1 tot 10	29	6 tot 9
Henry's law constant at 20 °C (atm m³ Mol⁻¹)	5 x 10 ⁻⁴	6-7 x 10 ⁻⁵	6-7.4 x 10 ⁻⁵	1-10 x 10 ⁻⁴	4-7.4 x 10 ⁻⁴	NA	NA	5.5 x 10 ⁻³	7-8 x 10 ⁻³	7 x 10 ⁻³	5-7 x 10 ⁻³

	Naphthaleen	Phenanthreen	Anthraceen	Fluoreen	Pyreen
Moleculair gewicht	128	178	178	166	202
Kleur	wit	kleurloos	kleurloos met violet of geelgroene fluorescentie	wit	kleurloos met licht blauwe fluorescentie
Fysische toesten	vast	vast	vast	vast	vast
Smeltpunt (°C)	81	100	218	216	156
Kookpunt (°C)	218	340	340	298	393
Dichtheid (g cm⁻³)	0.9	1	NA	NA	1
Geur drempelwaarde (mg L⁻¹)	0.01-0.4	NA	NA	NA	NA
Oplosbaarheid in					
(a) Water (mg L⁻¹ at 20 °C)	30	1	0.08	2	0.08
(b) Organische solventen	oplosbaar in benzeen, toluen, koolstof disulphide, koolstof tetrachloride, ethanol, methanol, chloroform	oplosbaar in glacial acetic acid, benzeen, koolstof disulphide, koolstof tetrachloride, diethyl ether, ethanol, toluene	oplosbaar in acetone, benzeen, koolstof disulphide, koolstof tetrachloride, chloroform, ether, ethanol, methanol, toluene	oplosbaar in acetic acid, acetone, benzeen, koolstof disulfide, koolstof tetrachloride, diethyl ether, ethanol, toluene	oplosbaar in alcohol, benzeen, koolstof disulphide, diethyl ether, ethanol, toluene en petroleum ether
Partitie coëfficiënten					
(a) Log K_{ow}	3	5	5	4	5
(b) Log K_{oc}	3	4	4	4	5
Damp druk (mm Hg)	0.08	7 x 10 ⁻⁴	2 x 10 ⁻⁵	3 x 10 ⁻⁴	3 x 10 ⁻⁶
Henry's law constante bij 20 °C (atm m³ Mol⁻¹)	5 x 10 ⁻⁴	3 x 10 ⁻⁵	62 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁴	1 x 10 ⁻⁵

Tabel 1.1 Fysicochemische eigenschappen van geselecteerde PKw-componenten

1.3 PKW in het milieu

Het vrijkomen van vloeibare PKW in het milieu wordt olieverontreiniging genoemd (Davoodi et al., 2020). Olieverontreiniging is voornamelijk het gevolg van het vrijkomen van ruwe olie uit tankschepen, offshore platforms, boorplatforms en putten, gemorste geraffineerde aardolieproducten en hun bijproducten, zwaardere brandstoffen van grote schepen

(bunkerbrandstof) en gemorste oliehoudende afvalstoffen of olie-houdende afvalstoffen (McLoone et al., 2019). Na het morsen van olie verspreidt PKW zich normaal gesproken door en over de oppervlakken van vervuilde locaties en ondergaat verschillende fysisch-chemische veranderingen. Deze processen worden gezamenlijk verwerking genoemd en beïnvloeden het lot van de olie (McLoone et al., 2019). De snelheid en het relatieve belang van de processen zijn afhankelijk van verschillende factoren, zoals de hoeveelheid gemorste olie, de initiële fysische en chemische kenmerken van de olie, de omgevingsomstandigheden en of de olie op de gemorste locatie blijft of wegstroomt (Stout et al., 2016).

1.3.1 PKW in de lucht

Aanzienlijke hoeveelheden PKW worden in de atmosfeer vrijgezet op locaties waar ruwe olie aanwezig is. Hun lot is afhankelijk van de individuele betrokken koolwaterstoffen en hun fysieke toestand (Kuppusamy et al., 2017).

De atmosfeer bevordert de verspreiding van vluchtige organische stoffen (VOC-verzadigingsconcentratie (C^*) $> 106 \mu\text{g m}^{-3}$), semi-VOCs ($C^* = 101\text{--}103 \mu\text{g m}^{-3}$), and intermediare VOCs ($C^* = 103\text{--}106 \mu\text{g m}^{-3}$) door de omgeving. VOC en semi-VOC worden vaak gegenereerd op olielozingen, in mijnen of door de onvolledige verbranding van organische materialen (de Gouw et al., 2011). Onder VOC's wordt verwacht dat de laagmoleculaire (LMW) fractie van koolwaterstoffen (bijv. benzeen en toluen) sneller verdampt dan verbindingen met een hoog molecuulgewicht (HMW) (bijv. naftaleen). Met andere woorden, de dampdruk van koolwaterstoffen neemt toe met een afnemend koolstofgetal (Robinson et al., 2007).

In geval van olie lekkage in de zee, worden door het breken van golven aerosolen in de atmosfeer uitgestoten. Als de aerosoldruppeltjes kleiner zijn dan 100 nm, worden ze beschouwd als ultrafijne deeltjes (UFP's) en dergelijke deeltjes kunnen lange afstanden afleggen van de plaats van olie lekkage (de Gouw et al., 2011). Grotere aerosolen in de lucht ($> 5 \mu\text{m}$) worden door neerslag efficiënt uit de atmosfeer verwijderd. Daarom worden grotere aerosolen dichter bij de plaats van olieverontreiniging afgezet (Afshar-Mohajer et al., 2018).

1.3.2 PKW in bodem

Bodemverontreiniging met PKW is een belangrijk probleem over de hele wereld, aangezien $> 90\%$ van de PKW-milieuverontreiniging eenvoudigweg in de bodem wordt opgeslagen, wat aangeeft dat de bodem de belangrijkste bron van PKW is in het terrestrische milieu en de plaats is waar veel processen zoals vervluchtiging, afzetting en afbraak van PKW voorkomen. Aardolie koolwaterstoffen in de bodem zijn voornamelijk te wijten aan de afzetting van vluchtige PKW uit de atmosfeer of door olieverontreiniging (Semple et al., 2001).

Hoewel PKW met een laag gewicht in gemorste olie wordt onderworpen aan verschillende processen zoals vervluchtiging, oxidatie, oplossen en biotransformatie (Pollard et al., 1994), het lot van zwaardere verbindingen (koolstofgetal > C₂₀ en kookpunten van 300– 600 ° C) verschilt relatief van die van lichtere verbindingen. Vanwege hun lage oplosbaarheid in water, lage dampdruk en hoge octanol/water-verdelingscoëfficiënten, vertonen zwaardere PKW minder desorptie van de bodemdeeltjes in de waterfase van de bodemmatrix (Huesemann, 2004).

1.3.3 PKW in aquatische systemen

Wat er met PKW in aquatische systemen gebeurt, hangt in de eerste plaats af van de dichtheid van de vloeibare fase waarin de olie wordt gemorst. De dichtheid van zoet water (water en stromen) is gewoonlijk ongeveer 1 g cm⁻³, terwijl de dichtheid van oliën meestal tussen 0,85-1,04 g cm⁻³ ligt. Zware oliën met een dichtheid van ongeveer 1,01 g cm⁻³ zullen hierdoor op het zeeoppervlak drijven, maar zinken in zoetwatersystemen (Yang & Wang, 1977).

1.3.3.1 Marine milieu

Olie die chronisch of per ongeluk in het mariene milieu terecht komt, wordt voornamelijk toegeschreven aan het opboren, productie, opslag en afvalbeheer. In feite vertegenwoordigen chronische en accidentele lozingen respectievelijk 90% en 10% (Max, 2020). Complexe fysische, chemische en biologische transformaties vinden plaats zodra olie in het mariene milieu terecht komt. PKW-lozingen in het mariene milieu worden onderworpen aan verschillende abiotische en biotische processen zoals verspreiding, drift, verdamping, oplossen, dispersie, biologische afbraak, emulsificatie en foto-oxidatie en sorptie op zwevende deeltjes (Faksness et al., 2015). Al deze processen zijn strikt afhankelijk van de oplosbaarheid van de PKW aanwezig in de olie.

Oplosbaarheid van PKW is een belangrijk probleem in geval van olie lekkage in zoute aquatische systemen. Zo zijn langere koolwaterstofketens (*n*-alkanen) minder oplosbaar en vormen polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) met laag molecuulgewicht zoals naftaleen een meer oplosbare fractie binnen de verschillende verschillende PAK's (Ryerson et al., 2011).

Het lot van olie-lozingen is anders in diepzee-omgevingen. De halfwaardetijden van PAKs nemen in deze omgevingen toe, voornamelijk als gevolg van lage temperaturen, een hoog zoutgehalte en afwezigheid van licht. Lage temperaturen beïnvloeden bijvoorbeeld de oplosbaarheid van PKW en de activiteit van PAK-afbrekende microbiële gemeenschappen, terwijl een hoog zoutgehalte de adsorptie van PKW's verhoogt, wat wordt toegeschreven aan het uitzouteffect en indirect de biologische beschikbaarheid van PKW vermindert. Ten slotte impliceert een vermindering van licht een beperkte fotodegradatie (Scoma et al., 2016).

1.3.3.2 Zoetwater systemen

Het lot van gemorste olie in zoet- of binnenwatersystemen (bijv. rivieren en meren) is anders dan in mariene systemen. Vanwege de dichtheid van zoet water heeft de gemorste olie de neiging om te zinken en de interactie met de vegetatie van rivieren vertraagt de beweging van gemorste olie, waardoor de persistentie ervan toeneemt (Brown et al., 1990). Gebeurtenissen als turbulenties en waterstromen kunnen het mengen en de verspreiding van gemorste oliën bevorderen, wat saneringsprocessen en / of de beweging van de lekkage naar de oever van zoetwatersystemen kan bevorderen (Sergy & Owens, 2011).

1.4 Biobeschikbaarheid van PKW in het milieu

Biobeschikbaarheid wordt gedefinieerd als de hoeveelheid verontreinigende stof die gemakkelijk door organismen kan worden opgenomen. De biobeschikbaarheid van PKW bepaalt de mate van bioremediatie (Harmsen, 2007). Een diepgaand begrip van het concept van biobeschikbaarheid is dus essentieel voor zowel geschikte risicobeoordelingen als saneringsplannen met betrekking tot PKW-vervuilde omgevingen (Ortega-Calvo et al., 2003).

1.4.1 Belang en factoren die de biobeschikbaarheid van PKW beïnvloeden

Biobeschikbaarheid heeft een cruciale invloed op de biologische afbraak van PKW in vervuilde omgevingen. Gewoonlijk is de verwijderingssnelheid tijdens de beginfase van PKW-biologische afbraak hoger en wordt deze voornamelijk beperkt door de microbiële afbraakkinetiek. In de tweede fase is de verwijderingssnelheid van PKW trager en wordt deze meestal beperkt door langzame desorptie (Loehr et al., 2001).

Het is dan ook cruciaal om de factoren te beoordelen die de biobeschikbaarheid beïnvloeden, om maatregelen te treffen om deze te verbeteren en de bioremediatie processen te versnellen. De belangrijke vertragingfactoren zijn o.a. een lage oplosbaarheid in water, en een hoge sorptie aan vaste oppervlakken, waardoor de persistentie kan toenemen (Cuypers et al., 2001). PKW ondergaat een verouderingsproces en sommige verbindingen van de petroleumkoolwaterstoffractie diffunderen na verloop van tijd in zeer kleine poreuze poriën en dergelijke microporiën sluiten bacteriën fysiek af, en zorgen ervoor dat de verontreinigende stoffen daarin niet beschikbaar zijn (Trindade et al., 2005). Het is echter onzeker hoe lang dergelijke PKW-fracties niet beschikbaar blijven. Na verloop van tijd kunnen PKW-fracties in een dergelijke toestand mogelijk opnieuw mobiel en extraheerbaar en biobeschikbaar worden (Harmsen & Rietra, 2018).

1.4.2 Surfactants ter verbetering van de PKW biobeschikbaarheid

Surfactants zijn stoffen die de oppervlaktespanning tussen twee vloeistoffen, tussen een gas en een vloeistof of tussen een vloeistof en een vaste stof, verlagen. Surfactants kunnen de biobeschikbaarheid van PKW verbeteren en daardoor de snelheid van de biologische afbraak verhogen (Tian et al., 2016). Micro-organismen (bacteriën, schimmels, gisten) kunnen surfactants

produceren en uitscheiden, dit zijn de zogenaamde 'biosurfactants'. Over het algemeen verhogen biosurfactants de biobeschikbaarheid van hydrofobe verbindingen zoals PKW door enerzijds de oplosbaarheid en anderzijds de hydrofobiciteit van het celoppervlak te verhogen, waardoor hydrofobe substraten gemakkelijker met de bacteriële cellen kunnen associëren en dit resulteert in een verhoogde opname door microbiële cellen en dus hogere afbraakpercentages. Er zijn ook synthetische surfactants voor de verbetering van de biobeschikbaarheid van PKW. In vergelijking met synthetische surfactants hebben de biosurfactants het voordeel dat ze minder giftig en minder persistent in het milieu zijn, en dus milieuvriendelijk. Bovendien vertonen biosurfactants een hogere selectiviteit en specifieke activiteit in een breed scala aan omgevingsomstandigheden (Liu et al., 2018; Chen et al., 2018).

Biosurfactants kunnen worden geclassificeerd op basis van hun chemische structuur (Shekhar et al., 2015). Glycolipiden zijn lipiden met een koolhydraat gebonden door een glycosidische covalente binding. Rhamnolipiden, trihalolipiden en sorpholipiden zijn de bekendste biosurfactants onder de glycolipiden (Mnif & Ghribi, 2016). Lipopeptiden bevatten een lipide gekoppeld aan een polypeptideketen. Surfactines, lichenysin, viscosin, serrawettin, fengycin, arthrofactine, gramicidins, polymyxins behoren tot de meest bestudeerde lipopeptiden (Jimoh & Lin, 2019).

Bacteriën en gist kunnen tijdens hun groei op *n*-alkanen vetzuren en fosfolipide-surfactants synthetiseren. Verschillende schimmels kunnen fosfolipiden, vetzuren afscheiden om de opname van *n*-alkanen te vergemakkelijken, zoals in het geval van *Candida* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. (Cassilly & Reynolds, 2018).

Polymere biosurfactants zijn opgebouwd uit verschillende componenten. De meest bestudeerde polymere biosurfactants zijn alasan, liposan, lipomannan, emulsan. De laatste heeft een heteropolysaccharide-ruggengraat die covalent is gekoppeld aan vetzuren (Nigam et al., 2016).

Biosurfactants worden geproduceerd door een diverse groep micro-organismen. De geproduceerde hoeveelheid hangt voornamelijk af van het micro-organisme en zijn omgeving. Factoren als koolstofsubstraat, concentratie van stikstof, fosfor, magnesium, ijzer, mangaanionen samen met pH, temperatuur, zoutgehalte beïnvloeden de productie van biosurfactants (Sari et al., 2019).

Bacteriën zijn de meest bestudeerde micro-organismen voor de productie van biosurfactanten. *Pseudomonas* is het meest bestudeerde geslacht, gevolgd door *Baciillus* sp., *Acinetobacter* sp., *Rhodococcus* sp., *Halomonas* sp., *Myroides* sp..

Candida sp. is de meest voorkomende schimmelsoort die wordt gerapporteerd voor de productie van biosurfactanten (met name sorphorolipiden), gevolgd door *Yarrowia lipolytica* voor de productie van emulgatoren op basis van vetkoolhydraatproteïne (Shekhar et al., 2015).

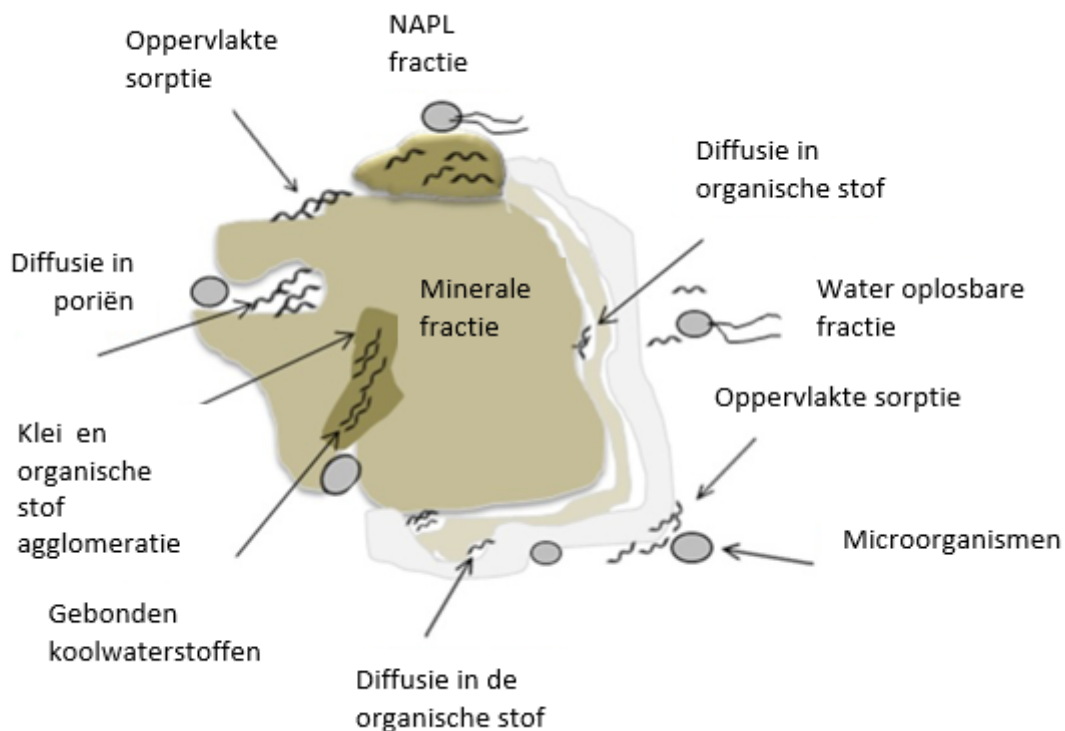
1.5 Ecologische impact van PKW

Verontreiniging van bodems en aquatische ecosystemen door PKW is een ernstig, wereldwijd probleem dat risico's kan opleveren voor organismen en ecosystemen (Ahmed & Fakhrudin, 2018). Minerale olie, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) en vluchtige aromatische koolwaterstoffen (bijv. benzeen, toluen, ethylbenzeen en xylenen - BTEX) zijn wijdverspreid in benzine, diesel en smeermiddelen en zijn de meest voorkomende mengsels die worden aangetroffen op met PKW vervuilde locaties (Kuppusamy et al., 2017).

In het algemeen hebben componenten met een laag molecuulgewicht ernstigere toxicologische effecten vanwege hun hogere oplosbaarheid en biobeschikbaarheid. Hydrofiële PKW zijn meer biobeschikbaar dan de hydrofobe en / of gebonden PKW. De biobeschikbare verontreinigende stof is zeer toegankelijk en absorbeerbaar door organismen en veroorzaken subletale of dodelijke effecten. De accumulatie en persistentie van PKW in het milieu kan schadelijke effecten veroorzaken in zowel terrestrische als aquatische ecosystemen.

1.5.1 Terrestrische organismen

Zodra de olie in terrestrische omgevingen terecht komt, dringt een aanzienlijk deel verticaal door in het ondergrondse gebied van de bodemkolom, dringt het door in de microporiën van de bodem en blijft het jarenlang in de bodemmatrix. De restfractie bestaat meestal uit koolwaterstoffen, harsen en polaire verbindingen met een hoog molecuulgewicht die potentieel mutageen en carcinogeen zijn. Na de acute gebeurtenis van een olie lekkage leidt een biotische en abiotische verwerking van PKW tot de vorming van zwaardere fracties koolwaterstoffen (C15-C36) die in de bodem blijven bestaan met beperkte biobeschikbaarheid als gevolg van diverse fysisch-chemische processen. Deze processen kunnen de samenstelling en eigenschappen van de PKW veranderen en de snelheid van koolwaterstofafbraak, opslag en interactie met bodemmicroben beïnvloeden. Bovendien wordt het lot van PKW in een terrestrische omgeving beïnvloed door de samenstelling en fysische eigenschappen van de bodem, zoals deeltjesgrootte, porositeit, gehalte aan organische stof, permeabiliteit en oppervlakte en ook door de fysische en chemische eigenschappen en samenstelling van aardolieproducten inclusief oplosbaarheid in water en kookpunt. Sorptie is ook een belangrijke factor die de ontgiftiging van TPH beïnvloedt. Sorptie van de koolwaterstoffractie verhoogt de weerstand tegen desorptie, wat resulteert in verhoogde persistentie in de organische bodemmatrix. Figuur 1.1 laat de mogelijke interacties zien tussen bodemmatrices en koolwaterstoffen (Ramadass et al., 2018).



Figuur 1.1 Interacties tussen de bodemmatrix en koolwaterstoffen (Aangepast en vertaald van Koshlaf et al. (2017)).

1.5.1.1 Micro-organismen

Biogeochemische cycli op aarde worden nauwgezet gecontroleerd door de bodemmicroflora, een belangrijke speler in bodemecosystemen. De microbiële gemeenschap van de bodem is dus een belangrijk aspect om de ecotoxicologische impact van PKW in een vervuilde bodem te beoordelen (Khan et al., 2018). In het geval van enige verstoring veroorzaakt door bodemverontreiniging, worden bodemmicroben beschouwd als de eerste organismen die worden aangetast. Deze veranderingen leiden tot verschillende veranderingen in de metabole activiteiten van bodemmicroben, hun samenstelling en diversiteit (Sobolev & Begonia, 2009). Hoge concentraties van TPH in de bodem kunnen de microbiële gemeenschap remmen en het verwijderingspercentage van deze verontreinigende stoffen verminderen (Abbasian et al., 2016). Zo vertoonde door ruwe olie verontreinigde grond bijna 100 keer minder heterotrofe en cultiveerbare bacteriën dan de niet-verontreinigde grond (Naga Raju et al., 2016), en dit kan worden gekoppeld aan toxische eigenschappen en / of PKW-concentraties.

Het gebruik van koolwaterstoffen door micro-organismen als energiebron kan echter worden verklaard door een vergelijking van energiewaarden. In feite zijn chemicaliën met een sterk gereduceerd koolstofskelet zoals waterstofrijke alkanen en aromatische koolwaterstoffen potentieel goede elektronendonors. De netto energetische winst (geschat als warmte-energie die vrijkomt bij

verbranding) uit de vertering van vetten als lipiden, eiwitten en koolhydraten bedraagt respectievelijk 37, 17 en 17 kJ / g. Dit verklaart waarom meestal lipiden worden opgeslagen als energieopslag in de meeste organismen. Ter vergelijking: de verbranding van ruwe olie levert 42-47 kJ / g energie op. Alhoewel de eerste fase enige energie-input vereist en de uiteindelijke winst zal afhangen van de beschikbare elektronenacceptoren en van de koolwaterstoffen die worden afgebroken, zijn alle soorten koolwaterstoffen gunstig voor micro-organismen in termen van totale energiewinst (Ławniczak et al., 2020).

De reacties van microbiële gemeenschappen op acute verontreinigingen zijn consistent in alle onderzoeken en worden meestal gekenmerkt door een onmiddellijke afname van de diversiteit en de proliferatie van koolwaterstof-afbrekende micro-organismen. Chronische verontreiniging zou leiden tot lagere bacteriële diversiteit, voornamelijk door transformatie in de samenstelling van chemicaliën in de bodem, en de beschikbaarheid van voedingsstoffen verminderen (Hussain et al., 2019)).

Bacteriële genexpressie in PKW-vervuilde omgevingen kan worden bestudeerd als een indicator bij het bepalen van de invloed van verschillende verontreinigende stoffen op microbiële gemeenschappen en hun functies. Abbasian et al. (2016) heeft Actinobacteria waargenomen als een dominante groep in met ruwe olie verontreinigde grond (12,35%), die verschillende functionele genen bezit die verband houden met het metabolisme van alifatische en aromatische koolwaterstoffen (2,51%), resistentie tegen metalloïden (1,1%) en ontzweveling (0,03 %).

Hoge capaciteit om PKW af te breken wordt ook toegeschreven aan schimmels zoals *Alternaria alternaria*, *Aspergillus terreus*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Eupenicillium hirayamae*, *Paecilomyces variotii*, *Trichoderma tomentosum* en *Fusarium oxysporum*. Het vermogen van schimmels om te overleven in met PKW-verontreinigde omgevingen is voornamelijk te wijten aan hun aanpassingsvermogen aan extreme omstandigheden, waaronder hun veelzijdige metabolisme. Een nauwkeurige identificatie van de impact van aardolieproducten op de natuurlijke omgeving is nog steeds moeilijk. Een reden is dat onze kennis van de diversiteit van micro-organismen en hun verschuivingen en functionele interacties aanwezig in omgevingen die verontreinigd zijn met deze producten onvolledig en fragmentarisch is (Borowik et al., 2017).

1.5.1.2 Planten

De studie van abiotische stressreacties in planten tegen milieuverontreiniging door aardolieproducten is belangrijk in veel sectoren zoals landbouw, bosbeheer en strategieën voor het herstel van ecosystemen (Odukoya et al., 2019). Planten zijn van nature bestand tegen koolwaterstoffen omdat ze alkanen, aromatische koolwaterstoffen en andere verbindingen produceren die structurele overeenkomsten vertonen met veel organische verontreinigende stoffen; en sommige van deze verbindingen zijn tussenproducten van afbraakroutes die worden geproduceerd tijdens katabolisme van organische verontreinigende stoffen. Desalniettemin veroorzaakt PKW bij bepaalde concentraties nadelige effecten op planten (Tang et al., 2011). Enkele van de nadelige effecten van petroleumverontreiniging zijn onder meer remming van zaadkieming, afname van fotosynthetische

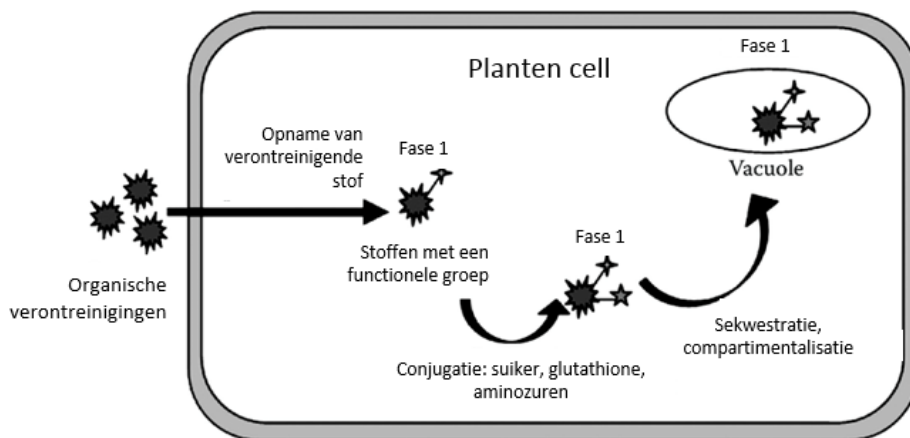
pigmenten, langzamere opname van voedingsstoffen door planten, remming van wortelgroei, misvorming van bladeren, weefselnecrose samen met de verandering van de celmembranen, van de signalering in de metabole routes en celschade veroorzaakt door de productie van ROS in plantenweefsels (oxidatieve stress) (Baek et al., 2004).

De PKW-fytotoxiciteit verandert afhankelijk van de chemicaliën die aanwezig zijn in de olieverontreiniging, verwerking van de olieverontreiniging en in overeenstemming met het ontwikkelingsstadium van de plant. Speciatie van PKW is erg belangrijk bij het bepalen van fytotoxiciteit. Over het algemeen bleken koolwaterstoffen met een laag molecuulgewicht C_9-C_{14} 20 keer giftiger te zijn dan de zware fracties (Chaineau et al., 2005) omdat ze plantencellen kunnen binnendringen wat resulteert in plantendood (Falkova et al., 2016; Zhang & Kong, 2012; Zhang et al., 2015). Sommige verontreinigende stoffen, zoals BTEX-verbindingen, zijn zeer mobiel in het milieu, terwijl andere zoals PAK's sterk binden aan bodemdeeltjes nabij de bron of vast blijven zitten in de organische fase, waardoor ze minder biobeschikbaar worden en hun toxiciteit voor planten beperkt wordt. Interessant is dat aromatische vluchtige petroleumkoolwaterstoffen zoals benzeen giftiger zijn voor planten. Benzeen is de afgelopen jaren zelfs als herbicide gebruikt, wat de fytotoxiciteit ervan illustreert wanneer het op plantenbladeren wordt aangebracht (Hunt et al., 2019).

Oudere lekkages zijn over het algemeen veel minder fytotoxisch dan nieuwere, wat het gevolg kan zijn van verlies van vluchtige fracties en verminderde biobeschikbaarheid van de verontreinigende stof (Roopa Kamath et al., 2004). Soms leidt natuurlijke verwerking van de oorspronkelijke producten tot producten die meer fytotoxisch zijn en stress kunnen veroorzaken. Bepaalde foto-geïnduceerde PAK's (bijvoorbeeld antraceen en fluorantheen) zijn bijvoorbeeld giftiger en meer oplosbaar in water dan de oorspronkelijke verbindingen (Huang et al., 1996).

Het is ook vermeldenswaard dat de fytotoxiciteit van een verontreinigende stof verandert met het stadium van plantengroei en ontwikkeling. Zo vertoonden vluchtige vertakte cyclohexanen van diesel schadelijke effecten op de kieming en opkomst, maar fytotoxiciteit in vroege stadia was van voorbijgaande aard omdat de kieming met de tijd verbeterde (Mackinnon & Duncan, 2012). In bepaalde gevallen is bodemverontreiniging met een laag PKW-gehalte zelfs gunstig voor het ontkiemen van zaden, wat wordt aangeduid als 'hormesis' (Orocio-Carrillo et al., 2019). Het mechanisme dat ten grondslag ligt aan de hormesis is dat het lichte stressniveau dat door de verontreinigende stoffen wordt opgelegd, de fysiologische processen in planten stimuleert die leiden tot de ontwikkeling van het embryo en vaak resulteren in een hoger kiemgetal. Verbeterde gewasgroei en vroege bloei worden ook waargenomen door hormesis in met olie vervuilde bodems. Lage concentraties koolwaterstoffen kunnen daarom fungeren als fytohormonen zoals auxines. De mogelijke redenen voor het bevorderen van plantengroei bij lage concentraties PKW zijn onder meer (i) verontreinigende stoffen kunnen (pathogene) micro-organismen doden, waardoor de beschikbare organische stof toeneemt en de fysisch-chemische eigenschappen van de bodem veranderen en de voor planten beschikbare voedingsstoffen kunnen versterken, (ii) verbindingen die aanwezig zijn in olie kunnen plantengroei bevorderen (Laughlin et al., 1981; Kulakow et al., 2000).

Over het algemeen zijn bepaalde enzymen die door planten worden geproduceerd, betrokken bij de transformatie van recalcitrante organische verbindingen in minder giftige metabolieten (fytotransformatie). Het groene 'levermodel' wordt gebruikt om deze fytotransformaties te beschrijven, aangezien planten zich analoog gedragen aan de menselijke lever wanneer ze omgaan met deze xenobiotische verbindingen (vreemde verbindingen en verontreinigende stoffen) (Schröder & Collins, 2002). Zoals weergegeven in Figuur 1.2, omvat het groene levermodel een eerste stap van chemische conversie via oxidatie, reductie of hydrolyse. Fase twee betreft conjugatie met glutathion, suiker of aminozuren (verhoogde polariteit). In de laatste fase (fase drie) treedt de sequestratie of compartimentering van de vreemde stof op in de vacuolen van de plant, de binding ervan aan de celwand van de plant en lignine via ATP-binding, ABC-transporters en multiresistente eiwitten om de toxiciteit van de vreemde verbinding te verminderen. De vreemde stof kan op een lignine-achtige manier polymeriseren en een complexe structuur ontwikkelen die in de plant wordt afgezonderd. Dit zorgt ervoor dat de vreemde stof veilig wordt opgeslagen en geen invloed heeft op de werking van de plant (Chandra & Kumar, 2018).



Figuur 1.2 Het groene levermodel voor het metabolisme van organische vreemde stoffen, vertaald en aangepast van (Chandra & Kumar, 2018).

Wat betreft de interactie tussen planten en petroleumkoolwaterstoffen wordt algemeen aangenomen dat planten geen petroleumkoolwaterstoffen actief uit verontreinigde matrices kunnen opnemen. Sommige studies suggereren echter wel dat planten petroleum-koolwaterstoffen in hun weefsels kunnen hebben. De snelheid en mate van penetratie van olie hangt af van het olietype en de plantenfysiologie, als lipofiele karakter van celmembranen. De oppervlaktetenspanningen en viscositeit van de olie zijn belangrijk bij het bepalen van de penetratiesnelheid. Viskeuze oliën dringen namelijk langzamer door de plantenweefsels dan de lichtere. Om door planten te worden opgenomen, moet de petroleumkoolwaterstof allereerst een aantal plantenweefsels binnendringen, waaronder de cuticula en de celwand, die verschillende lipide-achtige componenten vertonen met verschillende

affiniteiten voor organische verontreinigingen. De celwanden van planten werken als een selectieve filter waardoor verbindingen met een diameter van minder dan 4 nm deze kunnen kruisen. Zo liggen de moleculaire diameters van asfalten in het bereik, 1,2-2,4 nm (Chen et al., 2011). Asfaltenen hebben echter een sterke neiging om aggregatente vormen die mogelijk te groot zijn om uiteindelijk de celwand van planten te passeren. Plasmodesmata maakt de diffusie van moleculen mogelijk met een molecuulgewicht tot 1000 g / mol. Het molecuulgewicht van asfalten is ongeveer 750 g / mol, wat inhoudt dat deze verbinding binnen de plant tussen cellen kan worden getransporteerd. Tussen de tijd dat de plant voor het eerst wordt blootgesteld aan het petroleum-koolwaterstofmengsel en de tijd dat petroleum-koolwaterstoffen in het plantenweefsel aanwezig zijn, kan de concentratie ervan worden verminderd door afbraak in de plant. Vooral *n*-alkanen worden eerst geoxideerd tot de overeenkomstige alcohol, vervolgens tot vetzuren en tenslotte tot CO₂ and H₂O (Hunt et al., 2019)

1.5.1.3 Invertebraten

Abundantie en soortendiversiteit van de ongewervelden (inclusief geleedpotigen, weekdieren, ringwormen) verminderen meetbaar na het morsen van olie en deze is voornamelijk afhankelijk van het olietype, de hoeveelheid gemorste olie, de snelheid van het natuurlijke verwijderingsproces, locatiespecifieke kenmerken (Gainer et al., 2018). De belangrijkste directe en indirecte nadelige effecten van PKW op de ongewervelde gemeenschap zijn: verminderde beschikbaarheid van habitats voor fauna, verminderde zuurstoftoevoer, groeiremming, DNA-schade, verandering van transcriptie van genen die betrokken zijn bij calciumhomeostase, apoptose, lipidenmetabolisme (Ramadass et al., 2016), verminderde voedselopname, lage ingraving, desoriëntatie, verminderde activiteit die vervolgens leidt tot meer predatie en verminderde levensvatbaarheid (Bejarano & Michel, 2016). De veranderingen in de structuur van de ongewervelde gemeenschappen kunnen zich gemakkelijk vertalen in effecten op lagere en hogere trofische niveaus (zoals zeeschildpadden, vogels en zoogdieren), met als gevolg een vermindering van de ecologische waarde van het hele ecosysteem. Dat komt omdat veel dieren in het wild gebieden gebruiken om hun nakomelingen te nestelen en groot te brengen. Olieverontreiniging heeft het potentieel om hogere trofische organismen te beïnvloeden door de beschikbaarheid, kwantiteit en kwaliteit van hun voedselbronnen te veranderen.

1.5.1.4 Vertebraten

PKW heeft een brede impact op gewervelde dieren, afhankelijk van het koolwaterstofmengsel en het betrokken organisme (Azeez et al., 2013). Gewoonlijk kan PKW mutaties en kanker veroorzaken door interactie met DNA, ze kunnen de vorming van reactieve zuurstofvormen (ROS) veroorzaken en celdood in dierlijke (Malini & Maithily, 2017). Aardoliecomponenten kunnen ook aanzienlijke immuunsuppressie veroorzaken en de individuen gevoeliger maken voor infecties. Verontreiniging door petroleum kan depressie van het zenuwstelsel, narcose en irritatie van voornamelijk van slijmvliezen en ogen veroorzaken (Liu et al., 2019).

1.5.2 Aquatische organismen

Olieverontreiniging in water vormt ook een aanzienlijke bedreiging voor het waterleven. Toxische effecten van gemorste olie vertonen cascadepatronen over brede trofische niveaus, die fytoplankton, zoöplankton, vissen, watervogels, zoogdieren en bentische organismen aantasten (Yuewen & Adzigbli, 2018). Petroleum-koolwaterstoffen hebben matige tot hoge acute toxiciteit voor in het water levende organismen en hun toxiciteit wordt voornamelijk beïnvloed door metabolisme en foto-oxidatie (Honda & Suzuki, 2020).

1.5.2.1 Microorganismen

Toxische effecten van gemorste olie op aquatische micro-organismen kunnen o.m. zijn: wijziging van microbiële celmembranen, veranderingen in de eiwitstructuur, verminderde enzymactiviteiten, verschuivingen in de microbiële gemeenschap.

Interessant is dat water- en oliefasen van gemorste olie een aanzienlijke impact hebben op de microbiële gemeenschap. Er was bijvoorbeeld een hogere bacteriële diversiteit van het geslacht *Arthrobacter* in de waterfase van het met water overstroomde petroleumreservoir, terwijl de oliefase hogere diversiteit vertoonde voor de geslachten, *Pseudomonas* en *Sphingomonas* (Wang et al., 2014).

1.5.2.2 Plants

De toxiciteit van oliën varieert afhankelijk van hun chemische aard. Over het algemeen kunnen planten die zijn blootgesteld aan oliën verschillende symptomen vertonen, waaronder vergeling en afsterven van geoliede bladeren, ... Als de verontreiniging een chronische bron is, kan er een volledige eliminatie van de vegetatie optreden (Baker, 1970).

Als PKW eenmaal in een plant zijn binnengedrongen, kan het zelfs door intercellulaire ruimtes en het vaatstelsel reizen en kan het de celmembranen beschadigen, wat leidt tot lekkage van de celinhoud. Door de huidmondjes en intercellulaire ruimtes te blokkeren, kan olie de transpiratiesnelheid in planten verminderen. Verstoring van chloroplastmembranen door PKW met een gelijktijdige vermindering van fotosynthese kan ook optreden (Zengel et al., 2016).

Waterplanten zijn van cruciaal belang voor het functioneren van het ecosysteem vanwege hun unieke kenmerken zoals zuurstofproductie, koolstofvastlegging en een basisfunctie in aquatische voedselketens. Daarom kan hun verlies leiden tot dramatische gevolgen voor het milieu (Martin & Swenson, 2018).

1.5.2.3 Invertebraten

Bentische invertebraten gemeenschappen worden negatief beïnvloed door de grote sedimentatie van PKW zoals onder meer verwondingen, sterfte en veranderingen in de samenstelling van de gemeenschappen. Om bijvoorbeeld de impact van olieverontreiniging op de bentische fauna te

evalueren, werden monsters op 170 stations genomen na de olieramp in de Golf van Mexico (die bekend staat om zijn hoge bentische soortendiversiteit). Staalnamepunten lagen tot op een afstand tot 125 km van de bron (Baguley et al., 2015). Binnen 3 km van de bron was de impact op de bodemfauna het grootst en minder ernstig binnen 60 km minder. De belangrijkste veranderingen die ze opmerkten, waren een dramatische toename van ongewervelde dieren als nematodenwormen, een afname van de overvloed aan harpacticoïde copepoden en een lage diversiteit aan meiofauna en macrofauna. Vooral was de populatie van de roeipootkreeften enorm vertienvoudigd, gevolgd door polychaeta-wormen, ostracoden en kinorhynchen. De aanwezigheid van PKW kan immers de organische nutriëntenfractie verrijken, wat de reden zou kunnen zijn voor de grotere populatie nematodenwormen die in staat zijn om met petroleumkoolwaterstoffen om te gaan.

1.5.2.4 Vertebraten

Gewervelde dieren (van vissen tot zeezoogdieren) hebben gewoonlijk een verhoogde blootstelling aan olie door zwevende of gezonken PKW. Vissen kunnen tijdens het migreren in de bovenste vloeibare fase oliepluimen tegenkomen en kunnen op diepte verrijkt zoöplankton eten. Bijwerkingen zijn onder meer mortaliteit, matige tot ernstige longaandoeningen, hypoadrenocorticisme, de belangrijkste immunotoxische effecten van olie, maar ook huidlaesies, verminderde groei, verhoogde ziektegevoeligheid en verminderde netto bevolkingsfecunditeit (Snyder et al., 2019; Honda & Suzuki, 2020).

1.6 Impact van PKW op de menselijke gezondheid

Directe of indirecte blootstelling aan olie en olieproducten veroorzaakt ernstige gezondheidsproblemen bij de mens en de effecten zijn voornamelijk afhankelijk van de aard van het contact met de olie. Directe blootstelling omvat onder meer het inademen van vervuilde lucht en direct contact met de huid. Indirecte blootstelling aan olie is het gevolg van baden in vervuild water en het eten van vervuild voedsel (Abdel-Shafy & Mansour, 2016).

De aard en de mate van blootstelling aan olie zijn de andere factoren die de menselijke gezondheid beïnvloeden. Werknemers die betrokken zijn bij het schoonmaken op de olielekkageplaats lopen een groter risico. Gezondheidsstoornissen zijn onder meer huid-, oog- en keelirritaties, ademhalingsproblemen, hoofdpijn, duizeligheid. PKW heeft een sterke invloed op de geestelijke gezondheid en veroorzaakt fysieke / fysiologische effecten, en ze zijn potentieel giftig voor genetische, immuun- en endocriene systemen (Srogi, 2007). Hoewel de langetermijneffecten van PKW bij mensen nog niet volledig bekend zijn, kunnen bepaalde symptomen enkele jaren na de blootstellingsperiode aanhouden, zoals bij langdurige ademhalingsproblemen (Zock et al., 2007). Daarom is de bescherming van de gezondheid bij aan PKW blootgestelde personen zeer belangrijk. Gezondheidsrisicobeoordelingen hebben de grootste impact bij het opsporen van mogelijke blootstellingsgerelateerde schadelijke effecten op het moment van blootstelling of na langdurige perioden na de blootstelling (D'Andrea & Reddy, 2013).

1.7 Saneringsmethodes voor PKW-verontreinigingen

In het algemeen omvatten traditionele fysische en chemische *in-situ*- en *ex-situ*-saneringstechnieken voor PKW uitgraving, luchtspoeling, verwijdering en externe behandeling in biopiles, pompen en behandelen, verbranding, slurry- en vaste-fasereactoren, grondspoeling, extractie van grond damp, thermische desorptie, chemische oxidatie, hydrolyse en fotolyse (Ossai et al., 2020). Deze strategieën zijn echter duur en invasief voor het milieu, omdat ze meestal *ex situ* behandelingen met zich meebrengen die een bepaalde ecologische niche sterk beïnvloeden en vaak alleen resulteren in een onvolledige afbraak van de verontreinigende stoffen en restverontreiniging, die vaak nog steeds de wettelijke limieten overschrijden (Gkorezis et al., 2016).

Biologische saneringstechnieken kunnen deze problemen oplossen en duurzamere, milieuvriendelijkere, goedkope en efficiënte manieren bieden om deze bodems te saneren. De lange saneringstijd moet echter overeenkomen met de timing van toekomstig landgebruik. Zowel *in situ* als *ex situ* bioremediatie-opties kunnen worden ingezet voor met PKW vervuilde locaties, hoewel de *in situ* technieken het voordeel hebben dat er minder aanpassing van het natuurlijke landschap vereist is. De belangrijkste *in situ* bioremediatie technieken zoals natuurlijke attenuatie, biostimulatie, bioaugmentatie en fyto-remediatie werden beoordeeld door Gkorezis (2016).

Natuurlijke attenuatie wordt gedefinieerd als een verscheidenheid aan fysische, chemische of biologische processen die onder gunstige omstandigheden zonder menselijke tussenkomst werken om de massa, toxiciteit, mobiliteit, volume of concentratie van verontreinigingen in de bodem of het grondwater te verminderen. Natuurlijke attenuatie bleek een goede optie om sites te saneren die chronisch verontreinigd waren door koolwaterstoffen. Na de dramatische olieramp in de Golf van Mexico bijvoorbeeld, toonde een snelle aanpassing van de inheemse microben een verschuiving van de microbiële gemeenschap naar grotere hoeveelheden koolwaterstofafbrekers (Adzighli et al., 2018). Avishai et al. (2017) heeft het potentieel van natuurlijke attenuatie voor de sanering van milieuverontreinigingen, wat in veel gevallen een haalbare aanpak kan zijn voor ontgifting in de langdurig verontreinigde omgevingen, grondig beoordeeld. Voordelen zijn onder meer het genereren van minder afval, minder blootstelling voor de mens aan verontreinigende stoffen, in het algemeen lagere saneringskosten dan bij de klassieke sanering. Anderzijds zijn in sommige gevallen langere saneringsperioden nodig om saneringsdoelstellingen te bereiken, kan de toxiciteit van transformatie- of bijproducten die van de oorspronkelijke verbindingen overschrijden, samen met het risico van migratie van verontreinigende stoffen en / of overdracht.

In het geval van biostimulatie (Sarkar et al., 2016) is het doel om de verschuiving van de bacteriële gemeenschap naar een toestand te brengen met een hoger percentage koolwaterstof-afbrekende bacteriën door toevoeging van voedingsstoffen zoals anorganische meststoffen (stikstof, fosfor), organische meststoffen (paardenmest, gewasresten) maar ook andere supplementen als biosurfactants en elektronenacceptoren (o.a. zuurstof, ijzer, nitraten, sulfaat). Bovendien kan de verwijderingssnelheid van koolwaterstoffen ook worden verbeterd door optimale omstandigheden voor de koolwaterstof-afbrekende gemeenschappen mbt het metaboliseren van verontreinigende stoffen te bevorderen, zoals het regelen van temperatuur en vocht (Tyagi et al., 2011).

Bioaugmentatie omvat de introductie van inheemse of exogene bacteriestammen met de juiste metabole routes om de met aardolie verontreinigde substraten te saneren. Een gecombineerde actie van biostimulatie gevolgd door bioaugmentatie kan soms leiden tot de hoogste verwijdering van koolwaterstoffen (bijv. pyreen) zoals in de studie van Ghaly (2013). De complexiteit van de locatie en specifieke omstandigheden, en soorten en concentratie van verontreinigende stoffen, vereisen echter een benadering van geval tot geval.

Fytoremediatie gebruikt planten en de bijbehorende micro-organismen om verschillende verbindingen te ontgiften en af te breken, waaronder PKW in lucht, bodem, water (Truu et al., 2015). Plant-geassocieerde bacteriën omvatten endofytische, fylosfeer en rhizosfeer bacteriën die verschillende interacties vertonen met planten, variërend van pathogenen, opportunistische pathogenen (of neutraal) tot bacteriën die actief interageren met de waardplant, wat wederzijds voordelige interacties creëert voor beide partners (Weyens et al., 2009). Fytoremediatie van koolwaterstoffen omvat verschillende mechanismen die bekend staan als fytodegradatie, fytovolatilisatie (vooral voor BTEX en trichloorethyleen) en rhizodegradatie. Bovendien hebben fylosfeer bacteriën het vermogen om gasvormige en afgezette PKW te metaboliseren, waardoor het concept van lucht-fylloremediatie wordt geïntroduceerd (Weyens et al., 2015).

1.8 Omgevingsfactoren die de TPH degradatie beïnvloeden

Verschillende beperkende factoren beïnvloeden de biologische afbraak van petroleumkoolwaterstoffen, Boopathy (2000) publiceerde een systematische lijst. Chemische structuur van de verontreinigende stoffen, temperatuur en nutriëntenconcentratie worden beschouwd als cruciale beperkende factoren en worden kort in deze paragraaf besproken. De moleculaire complexiteit van koolwaterstoffen is de eerste belangrijke factor bij het beoordelen van de haalbaarheid van een bioremediatie aanpak. Temperatuur is een cruciale rol onder de fysische factoren door de microbiële diversiteit en enzymatische activiteit en de fysisch-chemische eigenschappen van de verontreinigende stof rechtstreeks te beïnvloeden (Coulon et al., 2005). Bij lage temperatuur neemt de viscositeit van de olie toe, wordt de vluchtigheid van de koolwaterstoffen met laag molecuulgewicht verminderd en wordt het algehele bioremediatieproces vertraagd (Atlas, 1975).

Adequate nutriëntenconcentraties zijn belangrijk voor het succes van biologische afbraak, met name stikstof, fosfor en sporenelementen zoals ijzer (Röling et al., 2002). Ook kunnen te hoge concentraties van sommige voedingsstoffen zoals N, P en K een negatief effect hebben op de biologische afbraak van koolwaterstoffen, vooral op aromaten (Carmichael & Pfaender, 1997). Interessant is dat een bioremediatie-beperkende factor kan worden herkend in het remmende effect op de bacteriegroei van de bijproducten van de koolwaterstofafbraak (Cerniglia et al., 1983). In dat geval was het toxische effect te danken aan de hogere oplosbaarheid van fenolen die de massaoverdracht van die moleculen naar bacteriële cellen versterkten.

Ondanks het grote potentieel van bioremediatie zijn er nog steeds veel aspecten die moeten worden onderzocht en waarover wordt gediscussieerd omdat ze de algemene resultaten op het veld beïnvloeden. Bijvoorbeeld alle omgevingsvariabelen die van invloed zijn op het bioremediatieproces, de snelheid en het uiteindelijk succes samen met de complexe interactie in de inheemse microbiële gemeenschap, maar ook het risico op het verkrijgen van giftige bijproducten die mobieler zouden kunnen zijn dan de aanvankelijke verontreinigende stoffen (Arora et al., 2017; Li & Yu, 2015; Thompson et al., 2005).

1.9 Planten en hun interactie met petroleum koolwaterstoffen

Fytoremediatie maakt gebruik van fysische, chemische en biologische processen om verontreinigende stoffen in bodem en grondwater te verwijderen, af te breken, te transformeren of te stabiliseren. Planten kunnen de volgende processen katalyseren: hydraulische controle, opname, translocatie, transformatie, vervluchtiging en rhizodegradatie van PKW (Dietz & Schnoor, 2001).

1.9.1 Hydraulische controle

Bomen en grassen kunnen worden beschouwd als 'door zonne-energie aangedreven pompen' die door transpiratie water uit grond en watervoerende lagen pompen. Er kunnen fyto-remediatiestrategieën worden ontworpen om in de wortel bereikbare verontreinigde grondwaterpluimen vast te leggen om migratie van buiten de locatie en / of neerwaartse migratie van verontreinigende stoffen te voorkomen (Landmeyer, 2006). Het planten van bomen die wortelen in een ondiepe grondwaterlaag is meestal de sleutel om een succesvolle barrière te vormen tegen de migratie van verontreinigende pluimen (Cook et al., 2010). Diepwortelende freatofyte planten zoals hybride populieren en wilgen worden vaak gepromoot (wortels tot 10 meter lang), die meestal na 3-4 jaar optimale werkomstandigheden bereiken (Nichols et al., 2014). Deze toepassing van fyto-remediatie vereist dat de bodem van de watervoerende laag bedekt is met materialen met een lage hydraulische geleidbaarheid, zoals klei of gesteente, om een verticale uitloging naar een andere laag te voorkomen. Daarnaast is het mogelijk om de zone boven de vervuilde watervoerende laag te bedekken met een laag gras met dichte, vezelige wortelstelsels die water afgeven en de percolatie van verontreinigende stoffen tijdens het groeiseizoen beperken (Dietz & Schnoor, 2001).

Opname

Over het algemeen kan de opname van koolwaterstoffen plaatsvinden via wortels en bladeren. Verschillende factoren, zoals de permeabiliteit van de celwand, temperatuur, pH en bodemvochtigheid, kunnen de opname van verontreinigende stoffen door wortels beïnvloeden, terwijl de dikte van bladschubben en de wasachtige laag een natuurlijke barrière vormen die de penetratie van koolwaterstoffen in bladeren beperkt (Kvesitadze, 2015).

Matig hydrofobe verbindingen met een verdelingscoëfficiënt octanol-water ($\log K_{ow}$) tussen 1,0 en 3,0, inclusief BTEX, kunnen door planten uit de grond en grondwater worden opgenomen (Roopa Kamath et al., 2004). Een andere indirecte maat voor de opname-efficiëntie is de Transpiration Stream Concentration Factor (TSCF) (Trapp & Karlson, 2001). De twee metingen worden gecombineerd in een door Briggs voorgestelde klokvormige relatie en verder ontwikkeld door Limmer and Burken (2016) om de opname van een grote verscheidenheid aan organische verontreinigende stoffen door bomen te beschrijven. Samenvattend kunnen we een slechte opname van hydrofiele verbindingen ($\log K_{ow} < 1$), die weinig affiniteit hebben voor wortelmembranen, voorspellen; matig hydrofobe koolwaterstoffen zoals BTEX ($1,5 < \log K_{ow} < 3,5$) worden met een hoog rendement opgenomen; en hydrofobe koolwaterstoffen zoals PAK's ($\log K_{ow} > 4$) worden slecht opgenomen, voornamelijk omdat ze sterk aan de bodemdeeltjes absorberen en daarom niet biologisch beschikbaar zijn. De snelheid waarmee verontreinigende stoffen worden verwijderd, blijkt een functie te zijn van opname-efficiëntie (bijv. TSCF), transpiratiesnelheid en de concentratie verontreinigende stoffen in bodem en water (McKone & Maddalena, 2007). De opname-efficiëntie varieert met plantesoort, leeftijd, gezondheid en fysisch-chemische eigenschappen van de wortelzone. De transpiratiesnelheid varieert ook enorm en is afhankelijk van het planttype, bladoppervlak, voedingsstoffen, bodemvocht, temperatuur, windomstandigheden en relatieve vochtigheid (Zhang et al., 2017).

Translocatie, Transformatie

Zodra de xenobiotische verbinding de plant binnenkomt, kan deze de volgende chemische reacties ondergaan: conversie, conjugatie en compartimentering (Schröder et al., 2008). Aanvankelijk wordt het xenobioticum in de plant geoxideerd, verminderd of gehydrolyseerd om het ontgiftingsproces te starten (Komives & Gullner, 2005). Vervolgens wordt het verkregen molecuul geconjugerd aan glutathion, aminozuren of suikers. Ten slotte worden chemicaliën tijdens compartimentering gescheiden in vacuolen of gebonden aan het celwandmateriaal van de plant (hemicellulose of lignine) (Sandermann, 1992). Het uiteindelijke lot van in planten getransformeerde xenobiotische verbindingen blijft onduidelijk. Hoewel sommige onderzoeken hebben aangetoond dat BTEX-verbindingen naar bladeren worden getransloceerd, is er niet veel bekend over het lot van koolwaterstoffen in planten (Limmer & Burken, 2014). Dit aspect is van groot belang om de producten van conversiereacties te voorspellen die, wanneer ze door dieren worden geconsumeerd, soms schadelijker kunnen zijn dan de oorspronkelijke xenobiotica zelf (Pivetz, 2001). Daarom is een beter begrip van conversiepaden en eindproducten van enzymatische processen binnen een plant vereist om fyto-remediatie-toepassingen te verbeteren (Li et al., 2017).

1.9.2 Fytovolatilisatie

Planten hebben het natuurlijke vermogen om bepaalde verontreinigende stoffen die via de wortels zijn opgenomen te vervluchtigen als een soort natuurlijk luchtstripping-pompsysteem. Onderzoek naar directe fytovolatilisatie is voornamelijk gericht op de veel voorkomende grondwaterverontreinigingen zoals trichloorethyleen en tetrachloorethyleen met voornamelijk wilgen en hybride populieren (Baeder-Bederski-Anteda, 2003). Hoe meer een koolwaterstof als vluchtig wordt beschouwd, bijvoorbeeld in het geval van BTEX (Henry's constante, $K_H > 10$), hoe meer het geschikt is voor fytovolatilisatie. Verbindingen met een $K_H < 10$ zoals fenol en PCP zijn niet geschikt voor het luchtstripmechanisme (Limmer & Burken, 2016). Vluchtige verontreinigende stoffen diffunderen voornamelijk van de plant naar de atmosfeer door open huidmondjes in bladeren, maar ook via radiale diffusie door stengelweefsels (bijv. Lenticellen) (Jeevanantham et al., 2019). Na in de atmosfeer te zijn gebracht, worden de verbindingen met dubbele bindingen snel geoxideerd door hydroxylradicalen, maar dit is niet altijd het geval, bijvoorbeeld als de ruimte slecht geventileerd is. In deze situatie kan de langdurige verbinding in de atmosfeer een risico vormen voor mens en / of milieu. Aangezien over het algemeen de afgiftesnelheid van VOS uit plantenweefsels relatief laag is, wordt het meestal beschouwd als een aanvaardbare remediatie strategie voor veel vluchtige organische stoffen (Arnold et al., 2007). Bovendien kunnen VOS-afbrekende endofyten die zich in het xyleem bevinden (van nature aanwezig of geïnoculeerd) de verbindingen afbreken voordat ze kunnen worden vrijgegeven (Barac et al., 2004; Vangronsveld et al., 2009, Weyens et al., 2009).

1.9.3 Rhizoremediatie

Rhizoremediatie is het gebruik van micro-organismen, die samenleven met plantenwortels, om vervuilde locaties te saneren, vooral in aanwezigheid van PKW (Backer et al., 2018).

1.9.3.1 Het rhizosfeer effect

Planten kunnen de microbiële gemeenschap binnen hun wortelzone in hoge mate beïnvloeden (rhizosfeereffect). Plantaardige koolstofbronnen (7 tot 27 procent van de totale hoeveelheid koolstof vastgehouden tijdens fotosynthese van planten) die vrijkomen door exsudatie van wortels en / of wortelomzetting, leveren bijvoorbeeld rhizosfeerbacteriën op met tal van organische substraten (Jones et al., 2009). Meestal bestaat deze mix uit suikers (15 - 65% totaal organische koolstof), organische zuren (9 - 33% totaal organische koolstof), aminozuren (2 - 31% totaal organische koolstof). Veel factoren als plantleeftijd, seizoen, stressconditie, ... beïnvloeden het proces van rhizodepositie. Daarom vormt rhizosfeer een aantrekkelijke niche voor bacteriegemeenschappen die doorgaans 4 tot 100 keer meer geconcentreerd zijn op deze plekken in vergelijking met bulkgrond (Babalola et al., 2019; Correa-Garcia et al., 2018).

Bovendien hebben plantenwortels een groot oppervlak dat micro-organismen kunnen gebruiken om door de grond te migreren en zich te vermenigvuldigen in de buurt van een voedingsbron zoals plantenwortels. Bij het vormgeven van de bacteriële gemeenschappen in de rhizosfeer zijn veel

factoren betrokken als bodemtype, planteneigenschappen, en samenstelling van polaire wortel exsudaten (Vieira et al., 2019).

1.9.3.2 PKW biobeschikbaarheid in de rhizosfeer

Vanwege de hoge hydrofobiciteit van dieselachtige organische stoffen zoals PAK, is de microbiële afbraak in de rhizosfeer wellicht het belangrijkste mechanisme voor het verwijderen van een bepaald type koolwaterstoffen (Reilley et al., 1996). PAK's zijn inderdaad zeer hydrofoob waardoor hun sorptie aan bodemdeeltjes verhoogt en de biobeschikbaarheid van deze verbindingen voor opname door planten en fytotransformaties beperkt wordt. Hoge K_{ow} -waarden zijn een goede indicator voor de kans op microbiële afbraak. Er worden enkele uitzonderingen gerapporteerd, zoals in het geval van fenol en aniline, verbindingen die irreversibel aan de wortels binden en daar covalent worden gebonden (Dec & Bollag, 2000).

Vanwege de wederzijdse gunstige interactie tussen microben en planten zou rhizodegradatie een zeer succesvolle benadering zijn om vervuilde locaties te herstellen (Hou et al., 2015).

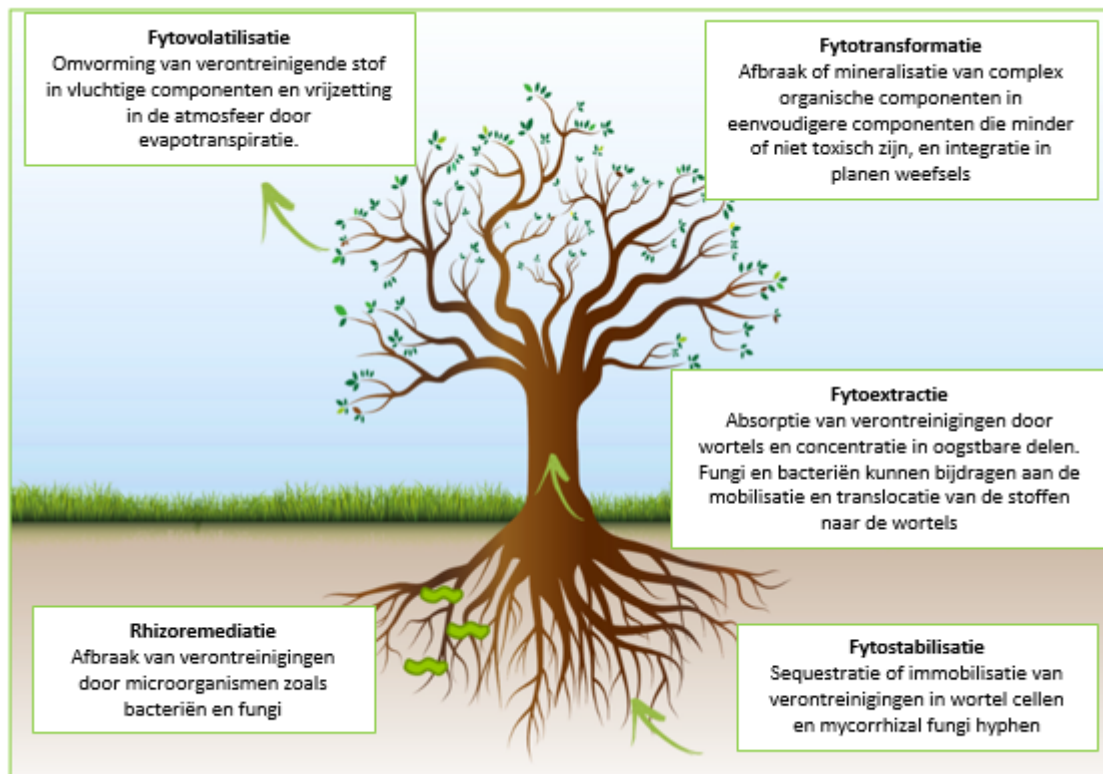
1.9.3.3 Potentieel van fytoremediatie voor de sanering van PKW verontreinigde sites

Fytoremediatie is gebaseerd op fysische, chemische en biologische processen om verontreinigende stoffen te verwijderen, af te breken, te transformeren of te stabiliseren. Hydraulische controle, opname, transformatie, vervluchtiging en rhizodegradatie zijn belangrijke processen die betrokken zijn bij fytoremediatie van PKW, zoals besproken in de voorgaande paragrafen en samengevat in Figuur 1.4.

Voordelen van het gebruik van fytoremediatie zijn bijvoorbeeld lagere kosten, toepasbaarheid op lange termijn, esthetische voordelen, een soms langzamere maar effectievere verwijdering van de verontreinigingen door de combinatie van natuurlijke mechanismen, gemakkelijke implementatie en onderhoud, en milieuvriendelijkheid (Trapp & Karlson, 2001). Fytoremediatie is met name geschikt voor de behandeling van (a) grote locaties met ondiepe verontreinigingslagen, wanneer laatstgenoemde geen onmiddellijk gevaar oplevert en (b) waar vegetatie wordt gebruikt als definitieve afsluiting van de locatie (Farraji et al., 2016). Nadelen van fytoremediatie kunnen worden samengevat als planten zijn klimaatafhankelijk en effecten op het voedselweb moeten worden gecontroleerd, langere saneringstijden zijn nodig dan wordt beweerd, het uiteindelijke lot van de verontreinigende stof is mogelijk onbekend en de resultaten zijn in het algemeen variabel (Thijs et al., 2017; Vangronsveld et al., 2009).

Het gebruik van planten bij het verwijderen van grond- en luchtverontreinigende stoffen mag niet beperkt blijven tot PKW, aangezien het ook kan ingezet worden voor de gedeeltelijke of totale sanering van een grote verscheidenheid aan verontreinigende stoffen op tal van vervuilde locaties, alhoewel de interactie van metalloïden en petroleum-koolwaterstoffen de saneringscomplexiteit door

vorming van persistente organische verbindingen (POP's) kan verhogen (Pandey et al., 2019). Nieuwe -omics technologieën hebben bijgedragen om het potentieel van planten in bioremediatie aan te tonen, maar er is meer onderzoek nodig voordat vegetatiesystemen (bomen, grassen, struiken) kunnen worden ontworpen als een reactorsysteem dat is geoptimaliseerd voor efficiëntie op veldschaal (Thijs et al., 2016). Op basis van de huidige kennis is verder onderzoek nodig om het gebruik van planten, en de afbraak te verbeteren, en te stimuleren. Tabel 1.2 geeft enkele onderzoeklijnen. Ze zijn voornamelijk gericht op selectiecriteria voor planten die moeten worden geselecteerd op basis van de betreffende verontreinigende stof en hun potentieel om te gedijen op de vervuilde grond met een beperkte behoefte aan irrigatie, kunstmest, zuurstof, bedrijfs- en onderhoudskosten.



Figuur 1.4 The belangrijkste fyto-remediatie processen (Rohrbacher & St-Arnaud, 2016)

Onderzoeklijnen	Gebruikte techniek	Belangrijkste resultaten	Referentie
1) Karakterisatie van wortel exsudaten	GC-MS analyse van wortel exsudaten	PKW mineralisatie was sterk beïnvloed door de exsudaat samenstelling	(Phillips et al., 2012)

2) Biomonitoring PAH bij <i>Salix matsudana</i> bladeren	GC-MS analyse of PAKs geïsoleerd van bladeren	Bladeren als biomonitoring systeem om PAKs in de lucht te detecteren	(Zhao et al., 2018)
3) Genoom sequencing van plant families om verschillen in moleculaire mechanismes voor fytoremediatie op te helderen	Genoom and transcriptoom sequencing van planten van de eendenkroos familie	Elucidatie van gen pathways and hoe ze bijdragen aan plant fenotype	(An et al., 2018)
4) CRISPR genoom reprogramming van planten om fytoremediatie te verbeteren	Genexpressie regulatie door transcriptie repressie of activatie (CRISPRi en CRISPRa)	Verbeterde hyperaccumulatie, tolerantie, afbraak	(Basharat et al., 2018)
5) Karakterisatie van transgene planten die met PKW-stress kunnen omgaan.	ACC Deaminase vector constructie and plant transformatie	De expression van een bacterieel gen voor ACC deaminase (<i>acdS</i>) kan ethylene gehalten verminderen, daarbij de plantengroei bevorderen	(Heydarian et al., 2016)

Tabel 1.2 Voorbeelden van onderzoeklijnen om de toepassing van planten voor de afbraak van PKW te stimuleren.

1.10 Bacteriën en hun interactie met PKW

Bioremediatie maakt gebruik van micro-organismen om een verscheidenheid aan organische verontreinigende stoffen te ontgiften of te verwijderen, waaronder aardolieproducten (Singh et al., 2017). Bioremediatie door de inheemse gemeenschap van micro-organismen wordt beschouwd als één van de belangrijkste mechanismen waarmee petroleum en andere verontreinigende stoffen uit het milieu worden verwijderd (Das & Chandran, 2011).

1.10.1 Bacteriële interactie met PKW: beperkende factoren en bacteriële eigenschappen om ze te overwinnen

Het succes van microbiële sanering hangt af van het bepalen en handhaven van de voorwaarden om de olie afbraak snelheden in het betreffende gebied te verbeteren. Biodegradatie is een complex proces dat allereerst afhangt van de aard en hoeveelheid aanwezige koolwaterstoffen. Zhou en Hua (2004) hebben verschillende factoren gerapporteerd die de afbraak van koolwaterstoffen beïnvloeden.

Ten eerste moeten micro-organismen interageren met de koolwaterstoffen. Een belangrijke factor is de beperkte beschikbaarheid van koolwaterstoffen voor de micro-organismen. Petroleumkoolwaterstofverbindingen zijn hydrofoob, kunnen aan bodemcomponenten binden en zijn moeilijk te verwijderen of af te breken (Barathi & Vasudevan, 2001).

Het contact tussen bacteriën en petroleumkoolwaterstoffen is cruciaal omdat de eerste stap in het afbraakproces vaak de werking vereist van bacteriële membraangebonden oxygenasen, wat een direct contact vereist tussen bacteriële cellen en de koolwaterstoffen om de introductie van moleculaire zuurstof in de moleculen mogelijk te maken door oxygenases (Hua & Wang, 2014). Chemotaxis en bacteriële motiliteit zijn bacteriële eigenschappen die de afstand tussen micro-organismen en vaste substraten verkleinen en de biologische beschikbaarheid verbeteren, zoals beschreven door Ortega-Calvo (2003).

Bacteriën hebben mechanismen ontwikkeld om de drempel van een beperkte toegang tot hydrofobe koolwaterstoffen te overwinnen zoals het verbeteren van het adhesievermogen van cellen door hun oppervlak te veranderen en / of door bio-emulgatoren uit te scheiden (Yu & Huang, 2011).

Bovendien zijn bacteriële membraancomponenten en hun adhesie-eigenschappen cruciaal bij de eerste stappen van de biologische afbraakprocessen. Fimbriae, fibrillen, buitenmembraaneiwitten en lipiden, evenals enkele andere kleine moleculen die op het celoppervlak aanwezig zijn, zoals gramicidine S en prodigiosine, zijn betrokken bij de hechting aan koolwaterstoffen (Rosenberg et al., 1983).

1.10.2 Biosurfactant-producerende bacteriën om de sanering te verbeteren

Biosurfactanten zijn een heterogene groep van chemische verbindingen die worden geproduceerd door micro-organismen en die verontreinigende stoffen kunnen oplossen, wat resulteert in een verhoogde biobeschikbaarheid ervan (Patel et al., 2019). Biosurfactanten kunnen werken als emulgatoren door de oppervlaktespanning te verlagen en micellen te vormen. De verkregen druppels kunnen worden ingekapseld in het hydrofobe microbiële celoppervlak en worden geïnternaliseerd door de bacteriën (Shekhar et al., 2015). Om de biobeschikbaarheid van PKW te verbeteren, is een veelbelovende aanpak het gebruik van oppervlakteactieve stoffen (hoewel sommige ervan in bepaalde concentraties giftig kunnen zijn voor de micro-organismen) en / of van bacteriën die biosurfactanten kunnen produceren (Dasari et al., 2014). Bio-emulgator-producerende bacteriën bezitten over het algemeen: (a) het vermogen om niet-polaire substraten op te lossen, waardoor de biobeschikbaarheid van moleculen wordt bevorderd, en / of (b) het vermogen om de affiniteit tussen

bacteriële celoppervlakken en olie-waterinterfaces te verbeteren, waardoor de vervorming van de olie-water-interfacefilm gepromoot wordt (Hou et al., 2018).

Vanwege hun enorm potentieel is de identificatie van biosurfactant-producerende bacteriën van groot belang. Screeningsmethoden voor de isolatie van biosurfactant-producerende bacteriën werden beoordeeld door Thavasi et al. (2011) en Walter et al. (2010).

Onder de bacteriële geslachten zijn de *Pseudomonas* de bekendste die in staat zijn koolwaterstoffen als koolstofbron te gebruiken en biosurfactanten te produceren (Beal & Betts, 2000; Pornsunthorntawe et al., 2008; Rahman et al., 2003) maar omdat veel variabelen als soorten verontreinigende stoffen of omgevingsfactoren de productie van biosurfactanten beïnvloeden, kan het opzetten van een database met sterk gekarakteriseerde bio-emulgator-producerende bacteriën helpen om de meest geschikte microben te selecteren om die specifieke met koolwaterstoffen verontreinigde locatie aan te pakken. Voor zover wij weten, bestaan dergelijke databases nog niet.

1.10.3 Bacteriële enzymen betrokken bij de koolwaterstofopname, afbraak en metabolische beperkingen

Nadat ze aan het oppervlak van de cel zijn geadsorbeerd en over het membraan in de microbiële cel zijn getransporteerd, kunnen koolwaterstoffen worden afgebroken in aanwezigheid van enzymen. Dit is een snel proces.

Voor zowel Gram-negatieve als Gram-positieve bacteriën kunnen we drie belangrijke mogelijke routes voor opname van koolwaterstoffen vermelden: opname van koolwaterstoffen opgelost in de waterfase (Hua & Wang, 2014), contact van cellen met submicron-oliedruppels (Yates, 2019) en direct contact van cellen met grote oliedruppels (Kaczorek & Olszanowski, 2011).

Na fysieke interactie tussen de bacteriële cellen en koolwaterstoffen is de volgende stap het transmembraan transport van koolwaterstoffen via drie hoofdmechanismen: passieve diffusie, passieve gefaciliteerde diffusie (Yates, 2019) en energie-afhankelijke / actieve opname (Ditty, 2010).

Buitenmembraan eiwitten gedetecteerd in Gram-negatieve bacteriën zijn betrokken bij het transport van koolwaterstoffen door het celmembraan. Micro-organismen kunnen verschillende eiwitten hebben die betrokken zijn bij het energieafhankelijke koolwaterstoftransport; bijvoorbeeld toluendeoxygenatie X (TodX) van *Pseudomonas putida* of TbuX van *Ralstonia pickettii* die betrokken zijn bij het transport van koolwaterstoffen en deel uitmaken van een onderfamilie van de FadL-vetzuurtransportfamilie (Hearn et al., 2008). De opname van koolwaterstoffen, transmembraantransport en eiwitten wordt meer uitvoerig bediscussieerd in Hua et al (2014).

Eenmaal in de bacteriële cel kan de afbraak van PKW plaatsvinden via verschillende enzymatische routes die bestaan uit verschillende enzymen zoals vermeld in Bacosa et al. (2018). Het microbiële vermogen om PKW af te breken is afhankelijk van hun concentratie en samenstelling (Haritash & Kaushik, 2009). Afhankelijk van de moleculaire complexiteit van koolwaterstoffen neemt hun gevoeligheid voor microbiële afbraak af (lineaire alkanen > vertakte alkanen > laagmoleculaire alkylaromaten > monoaromatica > cyclische alkanen > polyaromatica > asfaltenen). Sommige

verbindingen met een hoog molecuulgewicht, zoals sommige PAK's, worden misschien helemaal niet afgebroken (Fuentes et al., 2014).

Kort samengevat kan biologische afbraak van koolwaterstoffen, zowel alifatische als aromatische verbindingen, optreden onder anaërobe of aerobe omstandigheden (Peixoto et al., 2011). Onder aërobe omstandigheden introduceren oxygenase-enzymen zuurstofatomen in koolwaterstoffen (mono-oxygenasen introduceren één zuurstofatoom op een substraat terwijl dioxygenases er twee introduceren) (Figuur 1.5). De anaërobe afbraak wordt gekatalyseerd door anaërobe bacteriën, zoals sulfaatreducerende bacteriën, met behulp van verschillende terminale elektronenacceptoren (Jiang et al., 2006; van Beilen & Funhoff, 2007).

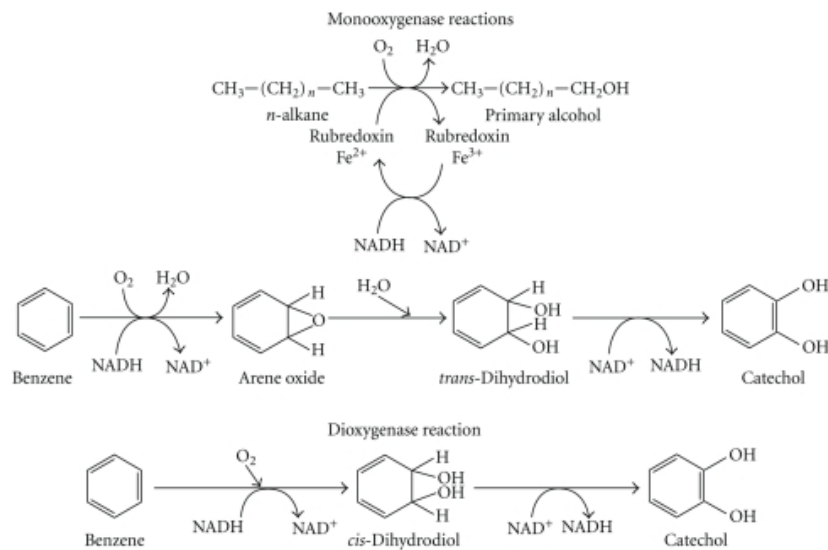


Figure 1.5 Mono-oxygenases introduceren een zuurstof atoom in de benzeen ring, terwijl dioxygenases twee zuurstof atomen incorporeren voor de vorming van een catechol molecule.

Wanneer catechol wordt afgebroken via de orthocleavage route, wordt het gesplitst in twee ring-hydroxyls door het enzym catechol 1,2-dioxygenase dat *cis,cis*-muconaat vormt, dat vervolgens in drie stappen verder wordt gemetaboliseerd tot het belangrijke tussenproduct 3-oxoadipaat. Het 3-oxoadipaat is een convergentiepunt van de twee takken van de β -ketoadipaatroute. Zodra β -ketoadipaat is gevormd, wordt het omgezet in succinyl-CoA en acetyl-CoA. Acetyl-coA kan worden geïntroduceerd in de citroenzuurcyclus (Cao et al., 2009).

1.10.4 Strategieën om de degradatie van PKW mbv bacteriën te verbeteren

1.10.4.1 Gebruik van geïmmobiliseerde bacteriële cellen om de degradatie van PKW te verbeteren

De meest veelbelovende bacteriestammen, geïsoleerd en gekarakteriseerd van verontreinigde plaatsen, kunnen gebruikt worden als geïmmobiliseerde cellen om overtollige chemicaliën te bioremediëren (Partovinia & Rasekh, 2018). Er zijn veel soorten immobilisatie-technieken die kunnen worden geselecteerd op basis van de toepassing. Er zijn ook veel verschillende vormen van celimmobilisatie gebruikt, waaronder adsorptie, covalente binding, insluiting en inkapseling (Bayat et al., 2015).

Geïmmobiliseerde *Pseudomonas* sp. cellen zijn getest door Wilsey and Bradely (1996) en vergeleken met *Pseudomonas* sp. vrij gesuspenderde cellen om ruwe olie in een waterig systeem af te breken. De immobilisatie verhoogde het contact tussen de bacteriële cellen en koolwaterstofdruppeltjes, wat de productie van de biosurfactant rhamnolipiden verbeterde, wat een betere dispersie van in water onoplosbare *n*-alkanen in de waterfase veroorzaakte door de grensvlakspanning van het olie-watersysteem te verminderen. Het eindresultaat van de studie ondersteunde een snellere interactie van bacteriële cellen met de opgeloste koolwaterstofdruppeltjes en bijgevolg een snellere opname van koolwaterstoffen in de cellen, zoals bevestigd door andere studies (Jiang et al., 2002; Wang et al., 2007).

1.10.4.2 Genetisch gemodificeerde bacteriën om PKW verwijdering te verbeteren

Genetisch gemanipuleerde micro-organismen (GEM) hebben het potentieel om de afbraak van gevaarlijke stoffen te verbeteren met hogere afbraaksnelheden, maximale verwijderingsefficiëntie en het behoud van een hogere bacteriële overleving in vergelijking met inheemse bacteriën (Hussain et al., 2018). Omdat olie een mengsel is van verschillende koolwaterstoffen (*n*-alkanen, aromatische koolwaterstoffen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen) heeft de ontwikkeling van technische bacteriën die verschillende PKW's kunnen afbreken door genetische manipulatie een interessant potentieel om olieverontreiniging te beheersen (Kuppusamy et al., 2017).

Naast het screenen van stammen door natuurlijke mutant of fysicochemische mutagenese zijn er verschillende strategieën gebruikt om stammen te engineeren zoals: het identificeren en klonen van zeer effectieve afbrekende genen (Chen et al., 2016); het verhogen van de expressie van afbrekende enzymen (Peixoto et al., 2011; Yates, 2019), die afbraakgenen tot expressie brengen die gericht zijn op verschillende verontreinigende stoffen in één bacteriële cel (Garbisu et al., 2017) en natuurlijke genoverdracht door conjugatie (Barac et al., 2004).

Enkele succesvolle voorbeelden van genetisch gewijzigde stammen worden weergegeven in Tabel 1.3.

Bacterie	Toepassing	Genetische wijziging	Target stof	Referentie

<i>Acinetobacter baumannii</i> S30	Monitoren van de afbraak	<i>lux</i> gen	TPKWs	(Mishra et al., 2004)
<i>Streptomyces coelicolor</i> M145	Bioremediatie	<i>alkB</i> gen (alkaan monooxygenase)	<i>n</i> -hexadecane	(Gallo et al., 2012)
<i>Acinetobacter</i> sp. BS3	Bredere substraat specificiteit induceren	<i>xyE</i> gen (catechol 2,3-dioxygenase)	<i>n</i> -alkanes, aromatische KWs	(Xie et al., 2014)
<i>E. coli</i>	Bioremediatie	<i>bphA2cA1c</i> gen (salicylate oxygenase)	PAKs	(Cho et al., 2005)
<i>B. cepacia</i> L.S.2.4	Fytoremediatie	pTOM toluen-afbraak plasmide	Toluene	(Barac et al., 2004)

Tabel 1.3 Voorbeelden van genetisch gewijzigde bacteriële stammen en hun toepassingen

1.10.5 Bacteriële gemeenschappen in PKW verontreinigde sites

Inheemse bacteriën kunnen hun metabolisme aanpassen aan de aanwezigheid van PKW door deze chemicaliën juist als koolstofbron te gebruiken. Bovendien, door PKW uit hun omgeving te verwijderen, verlichten bacteriën de fysiologische stress veroorzaakt door de aanwezigheid van deze verbindingen (Van Hamme et al., 2003)

Bacteriën uit meer dan 79 geslachten die PKW kunnen afbreken, zoals *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Alkanindiges*, *Alteromonas*, *Arthrobacter*, *Burkholderia*, *Dietzia*, *Enterobacter*, *Kocuria*, *Marinobacter*, *Mycobacterium*, *Pandoraea*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Streptobacococcus*, *Streptobacococcus*, *Streptobacoccus*, , and *Rhodococcus* (Tremblay et al., 2017).

Terwijl enerzijds hoge concentraties aan koolwaterstoffen de bacteriegroei en / of biologische afbraak sterk kunnen remmen en zelfs dodelijk zijn voor de bacteriën zelf (Atlas & Bragg, 2009), hebben sommige stammen die worden gedefinieerd als verplichte koolwaterstof-afbrekende bacteriën (OHCB), koolwaterstoffen als enige koolstofbron (obligate olie-afbrekende mariene bacteriën). Deze ongebruikelijke groepen bacteriën komen voornamelijk voor in mariene ecosystemen en omvatten *Oleispira*, *Alcanivorax*, *Marinobacter*, *Thalassolituus* en *Cycloclasticus*. Ze vertonen een zeldzame tot dominante bacteriële verschuiving na een olie lekkage. Het betekent dat hun abundantie verschuift van laag of niet detecteerbaar voor verontreiniging tot dominant na verontreiniging door aardolie,

wat een cruciale rol van bacteriën in de transformatie en / of afbraak van PKW suggereert (Hazen et al., 2010).

1.10.6 Perspectieven bij microbiële afbraak van PKW

Op basis van de huidige kennis is verder onderzoek nodig om de toepassing van bioremediatie voor de afbraak van PKW te verbeteren. Enkele suggesties: (1) de theoretische basis van de interactiemechanismen tussen bacteriën en PKW onderzoeken om de opname van microbiële koolwaterstoffen te bevorderen, (2) nieuwe bronnen van PKW-afbrekende bacteriën onderzoeken via nieuwe technologieën die beschikbaar zijn als high-throughput screeningsmethoden, optimaliseren van de strategieën voor het creëren van microbiële consortia, (4) onderzoeken van genen en routes die betrokken zijn bij de koolwaterstofafbraak, (5) construeren van beter afbrekende bacteriën met behulp van natuurlijke gen-overdracht (conjugatie) of GMO. Evaluatie van bijwerkingen zoals het pathogene potentieel van microben moet *in vitro* en *in silico* worden beoordeeld voordat een bioremediatie-plan wordt gestart.

Voorbeelden van de verschillende onderzoekslijnen staan in Tabel 1.4.

Onderzoekslijnen	Aanpak	Belangrijkste resultaat	Referentie
Karakterisatie van proteïnen betrokken in <i>n</i> -alkane opname in marine milieus	Functionale karakterisatie van AupA en AupB	Aup proteïnen brengen een selectief voordeel in alkaan verontreinigd zeewater	(Mounier et al., 2018)
Identificatie van bacteriën die olie afbreken	High-throughput fluorescentie-gebaseerde assay	Isolatie van wild-type PKW afbrekende bacteriën en karakterisatie van de afbraakroutes	(French & Terry, 2019)
Metagenoom aanpak voor de constructie van consortia	Taxonomische en functionele analyses van metagenomen	Assemblage van consortia voor bioremediatie	(Guerra et al., 2018)
Creatie van een databank voor biologische surfactantia: BioSurfDB	Databank, repository voor bioremediatie studies mbt	Info verzamelen over de karakterisatie van biologische stoffen en mechanismes betrokken in	(Oliveira et al., 2015)

	surfactantie en olie afbraak	biosurfactant productie en olie afbraak.	
Constructie van een GMO voor verbeterde olie afbraak	Constructie van een recombinante <i>Pseudomonas</i> sp. voor fenanthreen afbraak met het catechol 2,3-dioxygenase gene	The GMO had verhoogde catechol 2,3-dioxygenase activiteit vertoonde en efficiëntere fenanthreen afbraak dan het wild type.	(Zhou et al., 2013)

Tabel 1.4 Voorbeelden van onderzoeklijnen die kunnen bijdragen om microorganisme gestimuleerde fyto remediatie te verbeteren.

1.11 Het fytobioom: een metaorganisme voor de verbetering van TPH degradatie

De term 'Fytobioom' beschrijft planten, hun omgeving en alle organismen die er microscopisch en macroscopisch mee interageren (Leach et al., 2017). Het resultaat is een netwerk van complexe interacties die, als ze diepgaand worden begrepen, de sleutel kunnen vormen voor de ontwikkeling van nieuwe strategieën, ook om PKW-afbraak te verbeteren.

Onze huidige kennis van communicatie binnen het fytobioom is nog steeds grotendeels gebaseerd op interacties met twee of drie componenten en wordt meestal onderzocht in laboratoriumomgevingen (Korenblum & Aharoni, 2019; Roossinck, 2019).

1.11.1 Plant – microbiome - verontreiniging in de rhizosfeer

Het bodem-plantensysteem is ruimtelijk in te delen in de volgende zones: de wortel zelf, de rhizosfeer (wortelgestuurde zones), een rottende wortelzone en een niet-wortel-beïnvloede zone (de bulkgrond). Elke gemodelleerde zone kan worden beschouwd als een uniform gemengd soort continue reactor met veranderlijk volume. De verandering van het volume van elke zone in de tijd wordt bepaald door de groeifasen van de plant zelf. Wortelpenetratie bepaalt de verandering van een bulkgrond in een rhizosfeer enzovoort (R. Kamath et al., 2004; Thoma et al., 2003).

Microbiële gemeenschappen interageren met de verontreinigende stoffen in het wortelsysteem en dragen bij aan het proces van rhizodegradatie. Belangrijke factoren die de verwijdering van verontreinigende stoffen door micro-organismen in de rhizosfeer beïnvloeden, zijn: katabole processen, en wortellexsudatie (Phillips et al., 2012). Experimenteel is het mogelijk om de expressie van afbraakgenen in de rhizosfeer te bestuderen door ze te labelen met een stabiel isotoop om de

opname van gelabelde C- of N-atomen in microbiële celcomponenten te kunnen volgen (Saleh-Lakha et al., 2005).

Microbiële interacties tussen planten beïnvloeden de expressie van microbiële genen die verantwoordelijk zijn voor het koolwaterstofkatabolisme. Interessant is dat de wortel-exsudaten veranderen volgens de ontwikkelingsstadia van de plant (dwz flavonoiden, van lignine afgeleide verbindingen, terpenen), veel aromatische verbindingen die vergelijkbare chemische structuren vertonen als die van de verontreinigende stoffen en dus afbraakroutes kunnen induceren (Lu et al., 2017). *Salix* sp. worden bij veel fyto-remediatie-experimenten gebruikt omdat ze salicylzuur en andere verbindingen produceren die de afbraak van PAK en PCB induceren (de Cárcer et al., 2007).

Anderzijds kunnen exsudaten ook de afbraak van de verontreinigende stoffen remmen in de wortels (Rentz et al., 2004). Uit de resultaten blijkt dat voor een effectieve biologische afbraak de meest geschikte combinaties van planten en bacteriën moeten worden geselecteerd en vanwege de zeer complexe interacties daartussen is er meer onderzoek nodig is. In sommige gevallen kunnen exsudaten van de wortels de biobeschikbaarheid van sommige verontreinigende stoffen in de bodem verhogen, maar tegelijkertijd kunnen verontreinigende stoffen de groei van wortels beïnvloeden, waardoor het fyto-remediatieproces wordt beïnvloed (Jia et al., 2015). Een reden te meer waarom plantengroei-bevorderende bacteriën het verschil kunnen maken bij rhizoremediatie (Dzantor, 2007).

1.11.2 Plant - microbiome - verontreiniging in de fyllosfeer

De fyllosfeer, die *lato sensu* uit de bovengrondse delen van planten bestaat, is een van de meest voorkomende microbiële habitats op aarde (Bringel & Couée, 2015a). Fyllospere microbiota zijn gerelateerd aan unieke en specifieke processen op het grensvlak van planten en de atmosfeer als interactie met vluchtige organische stoffen en atmosferische gassporen. Epifytische micro-organismen hebben het metabolische potentieel om verbindingen af te breken die potentieel giftig zijn voor planten, mensen of andere organismen in het milieu, zoals PAK (fluoreen, fenantreen, enz.) die grotendeels aanwezig zijn in uitlaatgassen van auto's (Yutthammo et al., 2010).

Belangrijke factoren die PKW-ontgifting in de phyllosphere-niche beïnvloeden, zijn bladarchitectuur en VOC-gemedieerde communicatie tussen planten en micro-organismen (Wei et al., 2017).

In de dynamische context van fyllosfeer kan het lot van de vluchtige fractie van PKW in de eerste plaats afhangen van het insluitende vermogen van de complexe plantstructuren die de bovenste en onderste fylloplaan kenmerken (Sandhu et al., 2007). De cuticula (exogene waslaag van bovengrondse plantenoppervlakken) kan ook de interactie met chemicaliën beïnvloeden, evenals de interactie met aangepaste bacteriële gemeenschappen (Bodenhausen et al., 2014).

Planten stoten een grote verscheidenheid aan VOS uit die specifieke soorten kunnen bevorderen of remmen en zo bijdragen tot talrijke biotische interacties en tot de taxonomische vorming van microbiële gemeenschappen en hun functionele eigenschappen (Shiojiri et al., 2006). Vergelijkende

transcriptoomprofilering met bacteriën die zijn teruggewonnen uit bladeren van de gewone boon, toonde bijvoorbeeld aan dat verschillende *cph*-genen die betrokken zijn bij afbraak van 4-chloorfenol een door fylosfeer veroorzaakte expressie hadden (Scheublin et al., 2013), hoogstwaarschijnlijk als gevolg van de aanwezigheid van natuurlijke fenolverbindingen die door de planten werden uitgescheiden.

Microbiële gemeenschappen in de fylosfeer stoten ook VOS uit en interageren met plantaardige VOS via complexe uitwisseling van fylosfeer-atmosfeer (Bringel & Couée, 2015b). Bacteriën hebben voornamelijk invloed op de interacties tussen plant en pathogeen, maar ook indirect op de ontwikkeling van organen en algehele fitheid van de plant (Massoni et al., 2020), waardoor potentiële fylloremediatie wordt beïnvloed.

Referenties

- Abbasian, F., Lockington, R., Palanisami, T., Megharaj, M., & Naidu, R. (2016, 2016/01/01/). Multiwall carbon nanotubes increase the microbial community in crude oil contaminated fresh water sediments. *Science of the Total Environment*, 539, 370-380. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.031>
- Abdel-Shafy, H. I., & Mansour, M. S. M. (2016, 2016/03/01/). A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: Source, environmental impact, effect on human health and remediation. *Egyptian Journal of Petroleum*, 25(1), 107-123. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2015.03.011>
- Adzigli, L., Bacosa, H., & Yuewen, D. (2018, 06/21). Response of microbial communities to oil spill in the Gulf of Mexico: A review. *African Journal of Microbiology Research*, 12, 536-545. <https://doi.org/10.5897/AJMR2018.8843>
- Afshar-Mohajer, N., Li, C., Rule, A. M., Katz, J., & Koehler, K. (2018, 2018/04/01/). A laboratory study of particulate and gaseous emissions from crude oil and crude oil-dispersant contaminated seawater due to breaking waves. *Atmospheric Environment*, 179, 177-186. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.02.017>
- Ahmed, F., & Fakhrudin, A. N. M. (2018, 05/24). A Review on Environmental Contamination of Petroleum Hydrocarbons and its Biodegradation. <https://doi.org/10.19080/IJESNR.2018.11.555811>
- An, D., Li, C., Zhou, Y., Wu, Y., & Wang, W. (2018, 2018-June-20). Genomes and Transcriptomes of Duckweeds [Review]. *Frontiers in Chemistry*, 6(230). <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00230>
- Arnold, C. W., Parfitt, D. G., & Kaltreider, M. (2007, Jan-Feb). Field note phytovolatilization of oxygenated gasoline-impacted groundwater at an underground storage tank site via conifers. *Int J Phytoremediation*, 9(1), 53-69. <https://doi.org/10.1080/15226510601139409>
- Arora, S., Singh, A., & Sahni, D. (2017). Bioremediation of Salt-Affected Soils: Challenges and Opportunities. In (pp. 275-301). https://doi.org/10.1007/978-3-319-48257-6_14
- Atlas, R., & Bragg, J. (2009, Mar). Bioremediation of marine oil spills: when and when not - the Exxon Valdez experience. *Microbial Biotechnology*, 2(2), 213-221. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7915.2008.00079.x>
- Atlas, R. M. (1975). Effects of Temperature and Crude-Oil Composition on Petroleum Biodegradation. *Applied Microbiology*, 30(3), 396-403. <https://doi.org/Doi10.1128/Aem.30.3.396-403.1975>
- Avishai, L., Siebner, H., Dahan, O., & Ronen, Z. (2017). Using the natural biodegradation potential of shallow soils for in-situ remediation of deep vadose zone and groundwater. *J Hazard Mater*, 324(Pt B), 398-405. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.11.003>
- Azeez, O. M., Akhigbe, R. E., & Anigbogu, C. N. (2013). Oxidative status in rat kidney exposed to petroleum hydrocarbons. *Journal of natural science, biology, and medicine*, 4(1), 149-154. <https://doi.org/10.4103/0976-9668.107280>
- Babalola, O. O., Ayangbenro, A. S., & Olanrewaju, O. S. (2019). Draft Genome Sequences of Three Rhizospheric Plant Growth-Promoting Bacteria. *Microbiology resource announcements*, 8(26), e00455-00419. <https://doi.org/10.1128/MRA.00455-19>

- Backer, R., Rokem, J. S., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E., Subramanian, S., & Smith, D. L. (2018). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. *Front Plant Sci*, 9, 1473. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>
- Bacosa, H. P., Erdner, D. L., Rosenheim, B. E., Shetty, P., Seitz, K. W., Baker, B. J., & Liu, Z. F. (2018, Oct). Hydrocarbon degradation and response of seafloor sediment bacterial community in the northern Gulf of Mexico to light Louisiana sweet crude oil. *Isme Journal*, 12(10), 2532-2543. <https://doi.org/10.1038/s41396-018-0190-1>
- Baeder-Bederski-Anteda, O. (2003). Phytovolatilisation of organic chemicals. *Journal of Soils and Sediments*, 3(2), 65-71. <https://doi.org/10.1007/BF02991068>
- Baek, K.-H., Kim, H.-S., Oh, H.-M., Yoon, B.-D., Kim, J., & Lee, I.-S. (2004). Effects of Crude Oil, Oil Components, and Bioremediation on Plant Growth. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 39(9), 2465-2472. <https://doi.org/10.1081/ESE-200026309>
- Baguley, J. G., Montagna, P. A., Cooksey, C., Hyland, J. L., Bang, H. W., Morrison, C., Kamikawa, A., Bennetts, P., Saiyo, G., Parsons, E., Herdener, M., & Ricci, M. (2015). Community response of deep-sea soft-sediment metazoan meiofauna to the Deepwater Horizon blowout and oil spill. *Marine Ecology Progress Series*, 528, 127-140. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v528/p127-140/>
- Baker, J. M. (1970). The effects of oils on plants. *Environmental Pollution (1970)*, 1(1), 27-44. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0013-9327\(70\)90004-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0013-9327(70)90004-2)
- Barac, T., Taghavi, S., Borremans, B., Provoost, A., Oeyen, L., Colpaert, J. V., Vangronsveld, J., & van der Lelie, D. (2004, May). Engineered endophytic bacteria improve phytoremediation of water-soluble, volatile, organic pollutants. *Nature Biotechnology*, 22(5), 583-588. <https://doi.org/10.1038/nbt960>
- Barathi, S., & Vasudevan, N. (2001, May). Utilization of petroleum hydrocarbons by *Pseudomonas fluorescens* isolated from a petroleum-contaminated soil. *Environ Int*, 26(5-6), 413-416. [https://doi.org/10.1016/s0160-4120\(01\)00021-6](https://doi.org/10.1016/s0160-4120(01)00021-6)
- Basharat, Z., Novo, L. A. B., & Yasmin, A. (2018). Genome Editing Weds CRISPR: What Is in It for Phytoremediation? *Plants*, 7(3), 51. <https://www.mdpi.com/2223-7747/7/3/51>
- Bayat, Z., Hassanshahian, M., & Cappello, S. (2015). Immobilization of Microbes for Bioremediation of Crude Oil Polluted Environments: A Mini Review. *The open microbiology journal*, 9, 48-54. <https://doi.org/10.2174/1874285801509010048>
- Beal, R., & Betts, W. B. (2000, Jul). Role of rhamnolipid biosurfactants in the uptake and mineralization of hexadecane in *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Applied Microbiology*, 89(1), 158-168. <https://doi.org/DOI 10.1046/j.1365-2672.2000.01104.x>
- Bejarano, A., & Michel, J. (2016, 08/01). Oil spills and their impacts on sand beach invertebrate communities: A literature review. *Environmental Pollution*, 218. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.07.065>
- Bodenhause, N., Bortfeld-Miller, M., Ackermann, M., & Vorholt, J. A. (2014). A Synthetic Community Approach Reveals Plant Genotypes Affecting the Phyllosphere Microbiota. *PLOS Genetics*, 10(4), e1004283. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1004283>
- Boopathy, R. (2000, Aug). Factors limiting bioremediation technologies. *Bioresource Technology*, 74(1), 63-67. [https://doi.org/Doi 10.1016/S0960-8524\(99\)00144-3](https://doi.org/Doi 10.1016/S0960-8524(99)00144-3)
- Borowik, A., Wyszowska, J., & Oszust, K. (2017, 2017-September-27). Functional Diversity of Fungal Communities in Soil Contaminated with Diesel Oil [Original Research]. *Frontiers in Microbiology*, 8(1862). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01862>

- Bringel, F., & Couée, I. (2015a). Pivotal roles of phyllosphere microorganisms at the interface between plant functioning and atmospheric trace gas dynamics. *Frontiers in Microbiology*, 6, 486-486. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00486>
- Bringel, F., & Couée, I. (2015b, 2015-May-22). Pivotal roles of phyllosphere microorganisms at the interface between plant functioning and atmospheric trace gas dynamics [Review]. *Frontiers in Microbiology*, 6(486). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00486>
- Brown, H. M., Goudey, J. S., Foght, J. M., Cheng, S. K., Dale, M., Hoddinott, J., Quaife, L. R., & Westlake, D. W. S. (1990, 1990/01/01/). Dispersion of spilled oil in freshwater systems: Field trial of a chemical dispersant. *Oil and Chemical Pollution*, 6(1), 37-54. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0269-8579\(05\)80038-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0269-8579(05)80038-3)
- Cao, B., Nagarajan, K., & Loh, K.-C. (2009, 10/01). Biodegradation of aromatic compounds: Current status and opportunities for biomolecular approaches. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85, 207-228. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2192-4>
- Carmichael, L. M., & Pfaender, F. K. (1997). The effect of inorganic and organic supplements on the microbial degradation of phenanthrene and pyrene in soils. *Biodegradation*, 8(1), 1-13. <https://doi.org/Doi 10.1023/A:1008258720649>
- Cassilly, C., & Reynolds, T. (2018, 02/20). PS, It's Complicated: The Roles of Phosphatidylserine and Phosphatidylethanolamine in the Pathogenesis of *Candida albicans* and Other Microbial Pathogens. *Journal of Fungi*, 4, 28. <https://doi.org/10.3390/jof4010028>
- Cerniglia, C. E., Freeman, J. P., Althaus, J. R., & Vanbaalen, C. (1983). Metabolism and Toxicity of 1-Methylnaphthalene and 2-Methylnaphthalene and Their Derivatives in Cyanobacteria. *Archives of Microbiology*, 136(3), 177-183. <https://doi.org/Doi 10.1007/Bf00409840>
- Chaîneau, C.-H., Rougeux, G., Yepremian, C., & Oudot, J. (2005, 08/01). Effects of Nutrient Concentration on the Biodegradation of Crude Oil and Associated Microbial Populations in the Soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 37, 1490-1497. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.01.012>
- Chandra, R., & Kumar, V. (2018). Phytoremediation: A Green Sustainable Technology for Industrial Waste Management. In (pp. 1-42).
- Chen, C., Sun, N., Li, D., Long, S., Tang, X., Xiao, G., & Wang, L. (2018, 2018/05/01). Optimization and characterization of biosurfactant production from kitchen waste oil using *Pseudomonas aeruginosa*. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(15), 14934-14943. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1691-1>
- Chen, J., Yang, Z., Su, Y., Han, F., & Monts, D. L. (2011, 01/01). Phytoremediation of heavy metal/metalloid-contaminated soils. *Contaminated Soils: Environmental Impact, Disposal and Treatment*, 181-206.
- Chen, Y. L., Wang, C. H., Yang, F. C., Ismail, W., Wang, P. H., Shih, C. J., Wu, Y. C., & Chiang, Y. R. (2016, Oct 13). Identification of *Comamonas testosteroni* as an androgen degrader in sewage. *Scientific Reports*, 6. <https://doi.org/ARTN 35386>
10.1038/srep35386
- Cho, O. Y., Choi, K. Y., Zylstra, G. J., Kim, Y. S., Kim, S. K., Lee, J. H., Sohn, H. Y., Kwon, G. S., Kim, Y. M., & Kim, E. (2005, Feb 18). Catabolic role of a three-component salicylate oxygenase from *Sphingomonas yanoikuyae* B1 in polycyclic aromatic hydrocarbon degradation. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 327(3), 656-662. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2004.12.060>
- Cook, R. L., Landmeyer, J. E., Atkinson, B., Messier, J. P., & Nichols, E. G. (2010, Sep). Field note: successful establishment of a phytoremediation system at a petroleum hydrocarbon contaminated shallow aquifer: trends, trials, and tribulations. *Int J Phytoremediation*, 12(7), 716-732. <https://doi.org/10.1080/15226510903390395>

- Correa-Garcia, S., Pande, P., Seguin, A., St-Arnaud, M., & Yergeau, E. (2018, Sep). Rhizoremediation of petroleum hydrocarbons: a model system for plant microbiome manipulation. *Microb Biotechnol*, *11*(5), 819-832. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13303>
- Coulon, F., Pelletier, E., Gourhant, L., & Delille, D. (2005, 04/01). Effects of nutrient and temperature on degradation of petroleum hydrocarbons in contaminated sub-Antarctic soil. *Chemosphere*, *58*, 1439-1448. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.10.007>
- Cuypers, C., Clemens, R., Grotenhuis, T., & Rulkens, W. (2001, 2001/09/01). Prediction of Petroleum Hydrocarbon Bioavailability in Contaminated Soils and Sediments. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, *10*(5), 459-482. <https://doi.org/10.1080/20015891109374>
- D'Andrea, M., & Reddy, K. (2013, 10/02). Adverse Health Effects of Benzene Exposure Among Children Following a Flaring Incident at the British Petroleum Refinery in Texas City. *Pediatric hematology and oncology*, *31*. <https://doi.org/10.3109/08880018.2013.831511>
- Das, N., & Chandran, P. (2011). Microbial degradation of petroleum hydrocarbon contaminants: an overview. *Biotechnol Res Int*, *2011*, 941810. <https://doi.org/10.4061/2011/941810>
- Dasari, S., Venkata Subbaiah, K. C., Wudayagiri, R., & Valluru, L. (2014, 2014/07/03). Biosurfactant-Mediated Biodegradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons—Naphthalene. *Bioremediation Journal*, *18*(3), 258-265. <https://doi.org/10.1080/10889868.2014.933169>
- Davoodi, S. M., Miri, S., Taheran, M., Brar, S. K., Galvez-Cloutier, R., & Martel, R. (2020, 2020/02/18). Bioremediation of Unconventional Oil Contaminated Ecosystems under Natural and Assisted Conditions: A Review. *Environmental Science & Technology*, *54*(4), 2054-2067. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b00906>
- de Cárcer, D. A., Martín, M., Karlson, U., & Rivilla, R. (2007). Changes in Bacterial Populations and in Biphenyl Dioxygenase Gene Diversity in a Polychlorinated Biphenyl-Polluted Soil after Introduction of Willow Trees for Rhizoremediation. *Applied and Environmental Microbiology*, *73*(19), 6224. <https://doi.org/10.1128/AEM.01254-07>
- de Gouw, J. A., Middlebrook, A. M., Warneke, C., Ahmadov, R., Atlas, E. L., Bahreini, R., Blake, D. R., Brock, C. A., Brioude, J., Fahey, D. W., Fehsenfeld, F. C., Holloway, J. S., Le Henaff, M., Lueb, R. A., McKeen, S. A., Meagher, J. F., Murphy, D. M., Paris, C., Parrish, D. D., Perring, A. E., Pollack, I. B., Ravishankara, A. R., Robinson, A. L., Ryerson, T. B., Schwarz, J. P., Spackman, J. R., Srinivasan, A., & Watts, L. A. (2011, Mar 11). Organic aerosol formation downwind from the Deepwater Horizon oil spill. *Science*, *331*(6022), 1295-1299. <https://doi.org/10.1126/science.1200320>
- Dec, J., & Bollag, J.-M. (2000). Phenoloxidase-Mediated Interactions of Phenols and Anilines with Humic Materials. *Journal of Environmental Quality*, *29*(3), 665-676. <https://doi.org/10.2134/jeq2000.00472425002900030001x>
- Dietz, A. C., & Schnoor, J. L. (2001, Mar). Advances in phytoremediation. *Environ Health Perspect*, *109 Suppl 1*, 163-168. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109s1163>
- Ditty, N. N. N., Parales R.E. (2010). Measurement of Hydrocarbon Transport in Bacteria. In *In: Timmis K.N. (eds) Handbook of Hydrocarbon and Lipid Microbiology*. Springer, Berlin, Heidelberg https://doi.org/10.1007/978-3-540-77587-4_329
- Dzantor, E. K. (2007). Phytoremediation: the state of rhizosphere 'engineering' for accelerated rhizodegradation of xenobiotic contaminants. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, *82*(3), 228-232. <https://doi.org/10.1002/jctb.1662>
- EEA. (2019). Progress in management of contaminated sites.

- Faksness, L. G., Daling, P., Altin, D., Dolva, H., Fosbaek, B., & Bergstrom, R. (2015, May 15). Relative bioavailability and toxicity of fuel oils leaking from World War II shipwrecks. *Mar Pollut Bull*, *94*(1-2), 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.03.002>
- Falkova, M., Vakh, C., Shishov, A., Zubakina, E., Moskvina, A., Moskvina, L., & Bulatov, A. (2016, Feb 1). Automated IR determination of petroleum products in water based on sequential injection analysis. *Talanta*, *148*, 661-665. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.05.043>
- Farraji, H., Zaman, N., Tajuddin, R., & Faraji, H. (2016, 08/22). Advantages and disadvantages of phytoremediation A concise review. *International Journal of Environmental & Technological science*, *2*, 69-75.
- French, K. E., & Terry, N. (2019, 2019-June-19). A High-Throughput Fluorescence-Based Assay for Rapid Identification of Petroleum-Degrading Bacteria [Methods]. *Frontiers in Microbiology*, *10*(1318). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01318>
- Fuentes, S., Méndez, V., Aguila, P., & Seeger, M. (2014, 2014/06/01). Bioremediation of petroleum hydrocarbons: catabolic genes, microbial communities, and applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *98*(11), 4781-4794. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-5684-9>
- Gainer, A., Cousins, M., Hogan, N., & Siciliano, S. D. (2018). Petroleum hydrocarbon mixture toxicity and a trait-based approach to soil invertebrate species for site-specific risk assessments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, *37*(8), 2222-2234. <https://doi.org/10.1002/etc.4164>
- Gallo, G., Lo Piccolo, L., Renzone, G., La Rosa, R., Scaloni, A., Quatrini, P., & Puglia, A. M. (2012, Jun). Differential proteomic analysis of an engineered *Streptomyces coelicolor* strain reveals metabolic pathways supporting growth on n-hexadecane. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *94*(5), 1289-1301. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4046-8>
- Garbisu, C., Garaiurrebaso, O., Epelde, L., Grohmann, E., & Alkorta, I. (2017). Plasmid-Mediated Bioaugmentation for the Bioremediation of Contaminated Soils. *Frontiers in Microbiology*, *8*, 1966-1966. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01966>
- Ghaly AE, Y. A. a. D. D. (2013). Effects of Biostimulation and Bioaugmentation on The Degradation of Pyrene in Soil. *Journal of Bioremediation & Biodegradation*.
- Gkorezis, P., Daghighi, M., Franzetti, A., Van Hamme, J. D., Sillen, W., & Vangronsveld, J. (2016). The Interaction between Plants and Bacteria in the Remediation of Petroleum Hydrocarbons: An Environmental Perspective. *Front Microbiol*, *7*, 1836. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01836>
- Guerra, A. B., Oliveira, J. S., Silva-Portela, R. C. B., Araujo, W., Carlos, A. C., Vasconcelos, A. T. R., Freitas, A. T., Domingos, Y. S., de Farias, M. F., Fernandes, G. J. T., & Agnez-Lima, L. F. (2018, Apr). Metagenome enrichment approach used for selection of oil-degrading bacteria consortia for drill cutting residue bioremediation. *Environmental Pollution*, *235*, 869-880. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.014>
- Haritash, A. K., & Kaushik, C. P. (2009, 2009/09/30/). Biodegradation aspects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs): A review. *Journal of Hazardous Materials*, *169*(1), 1-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.03.137>
- Harmsen, J. (2007, Sep-Oct). Measuring bioavailability: from a scientific approach to standard methods. *J Environ Qual*, *36*(5), 1420-1428. <https://doi.org/10.2134/jeq2006.0492>
- Harmsen, J., & Rietra, R. P. J. J. (2018, 2018/09/01/). 25 years monitoring of PAHs and petroleum hydrocarbons biodegradation in soil. *Chemosphere*, *207*, 229-238. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.05.043>

- Hazen, T. C., Dubinsky, E. A., DeSantis, T. Z., Andersen, G. L., Piceno, Y. M., Singh, N., Jansson, J. K., Probst, A., Borglin, S. E., Fortney, J. L., Stringfellow, W. T., Bill, M., Conrad, M. E., Tom, L. M., Chavarria, K. L., Alusi, T. R., Lamendella, R., Joyner, D. C., Spier, C., Baelum, J., Auer, M., Zemla, M. L., Chakraborty, R., Sonnenthal, E. L., D'Haeseleer, P., Holman, H. Y., Osman, S., Lu, Z., Van Nostrand, J. D., Deng, Y., Zhou, J., & Mason, O. U. (2010, Oct 8). Deep-sea oil plume enriches indigenous oil-degrading bacteria. *Science*, 330(6001), 204-208. <https://doi.org/10.1126/science.1195979>
- Hearn, E. M., Patel, D. R., & van den Berg, B. (2008). Outer-membrane transport of aromatic hydrocarbons as a first step in biodegradation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(25), 8601. <https://doi.org/10.1073/pnas.0801264105>
- Heydarian, Z., Yu, M., Gruber, M., Glick, B. R., Zhou, R., & Hegedus, D. D. (2016, 2016-December-16). Inoculation of Soil with Plant Growth Promoting Bacteria Producing 1-Aminocyclopropane-1-Carboxylate Deaminase or Expression of the Corresponding *acdS* Gene in Transgenic Plants Increases Salinity Tolerance in *Camelina sativa* [Original Research]. *Frontiers in Microbiology*, 7(1966). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01966>
- Honda, M., & Suzuki, N. (2020). Toxicities of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons for Aquatic Animals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4), 1363. <https://doi.org/10.3390/ijerph17041363>
- Hou, J., Liu, W., Wang, B., Wang, Q., Luo, Y., & Franks, A. E. (2015, Nov). PGPR enhanced phytoremediation of petroleum contaminated soil and rhizosphere microbial community response. *Chemosphere*, 138, 592-598. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.07.025>
- Hou, N., Zhang, N. N., Jia, T. T., Sun, Y., Dai, Y. F., Wang, Q. Q., Li, D. P., Luo, Z. K., & Li, C. Y. (2018, Nov 15). Biodegradation of phenanthrene by biodemulsifier-producing strain *Achromobacter* sp LH-1 and the study on its metabolisms and fermentation kinetics. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 163, 205-214. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.07.064>
- Hua, F., & Wang, H. Q. (2014). Uptake and trans-membrane transport of petroleum hydrocarbons by microorganisms. *Biotechnology, biotechnological equipment*, 28(2), 165-175. <https://doi.org/10.1080/13102818.2014.906136>
- Hua, F., Wang, H. Q., & Zhao, Y. C. (2014). Factors influencing the trans-membrane transport of n-octadecane by *Pseudomonas* sp DG17. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 28(3), 463-470. <https://doi.org/10.1080/13102818.2014.923601>
- Huang, X.-D., Zeiler, L. F., Dixon, D. G., & Greenberg, B. M. (1996, 1996/11/01). Photoinduced Toxicity of PAHs to the Foliar Regions of *Brassica napus* (Canola) and *Cucumis sativus* (Cucumber) in Simulated Solar Radiation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 35(2), 190-197. <https://doi.org/https://doi.org/10.1006/eesa.1996.0099>
- Huesemann, M. H. (2004). Biodegradation and Bioremediation of Petroleum Pollutants in Soil. In A. Singh & O. P. Ward (Eds.), *Applied Bioremediation and Phytoremediation* (pp. 13-34). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-05794-0_2
- Hunt, L. J., Duca, D., Dan, T., & Knopper, L. D. (2019, Feb). Petroleum hydrocarbon (PKW) uptake in plants: A literature review. *Environmental Pollution*, 245, 472-484. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.11.012>
- Hussain, I., Aleti, G., Naidu, R., Puschenreiter, M., Mahmood, Q., Rahman, M. M., Wang, F., Shaheen, S., Syed, J. H., & Reichenauer, T. G. (2018, 2018/07/01). Microbe and plant assisted-remediation of organic xenobiotics and its enhancement by genetically modified organisms and recombinant technology: A review. *Science of the Total Environment*, 628-629, 1582-1599. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.037>

- Hussain, I., Puschenreiter, M., Gerhard, S., Sani, S. G. A. S., Khan, W.-U.-D., & Reichenauer, T. G. (2019). Differentiation between physical and chemical effects of oil presence in freshly spiked soil during rhizoremediation trial. *Environmental science and pollution research international*, 26(18), 18451-18464. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04819-6>
- Jeanbille, M., Gury, J., Duran, R., Tronczynski, J., Ghiglione, J. F., Agogue, H., Ben Said, O., Taib, N., Debroas, D., Garnier, C., & Auguet, J. C. (2016, Aug 19). Chronic Polyaromatic Hydrocarbon (PAH) Contamination Is a Marginal Driver for Community Diversity and Prokaryotic Predicted Functioning in Coastal Sediments. *Frontiers in Microbiology*, 7. https://doi.org/UNSP_1303
10.3389/fmicb.2016.01303
- Jeevanantham, S., Saravanan, A., Hemavathy, R. V., Kumar, P. S., Yaashikaa, P. R., & Yuvaraj, D. (2019, 2019/02/01/). Removal of toxic pollutants from water environment by phytoremediation: A survey on application and future prospects. *Environmental Technology & Innovation*, 13, 264-276. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.12.007>
- Jia, H., Lu, H., Liu, J., Li, J., Dai, M., & Yan, C. (2015, 11/17). Effects of root exudates on the leachability, distribution, and bioavailability of phenanthrene and pyrene from mangrove sediments. *Environmental science and pollution research international*, 23. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5772-0>
- Jiang, H., Tay, J.-H., & Tay, S. (2002, 02/01). Aggregation of Immobilized Activated Sludge Cells Into Aerobically Grown Microbial Granules for the Aerobic Biodegradation of Phenol. *Letters in Applied Microbiology*, 35, 439-445. <https://doi.org/10.1046/j.1472-765X.2002.01217.x>
- Jiang, Y., He, X., & Ortiz de Montellano, P. R. (2006, 2006/01/01). Radical Intermediates in the Catalytic Oxidation of Hydrocarbons by Bacterial and Human Cytochrome P450 Enzymes. *Biochemistry*, 45(2), 533-542. <https://doi.org/10.1021/bi051840z>
- Jimoh, A. A., & Lin, J. (2019, 2019/08/01). Production and characterization of lipopeptide biosurfactant producing *Paenibacillus* sp. D9 and its biodegradation of diesel fuel. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(8), 4143-4158. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02341-3>
- Jones, D. L., Nguyen, C., & Finlay, R. D. (2009, 2009/08/01). Carbon flow in the rhizosphere: carbon trading at the soil-root interface. *Plant and Soil*, 321(1), 5-33. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-9925-0>
- Kaczorek, E., & Olszanowski, A. (2011, 2011/01/01). Uptake of Hydrocarbon by *Pseudomonas fluorescens* (P1) and *Pseudomonas putida* (K1) Strains in the Presence of Surfactants: A Cell Surface Modification. *Water, Air, & Soil Pollution*, 214(1), 451-459. <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0436-7>
- Kamath, R., Rentz, J., Schnoor, J., & Alvarez, P. (2004, 12/31). Phytoremediation of hydrocarboncontaminated soil: Principles and applications. *Studies in Surface Science and Catalysis - STUD SURF SCI CATAL*, 151, 447-478. [https://doi.org/10.1016/S0167-2991\(04\)80157-5](https://doi.org/10.1016/S0167-2991(04)80157-5)
- Kamath, R., Schnoor, J. L., & Alvarez, P. J. J. (2004, Mar 15). Effect of root-derived substrates on the expression of nah-lux genes in *Pseudomonas fluorescens* HK44: Implications for PAH biodegradation in the rhizosphere. *Environmental Science & Technology*, 38(6), 1740-1745. <https://doi.org/10.1021/es0306258>
- Khan, M. A. I., Biswas, B., Smith, E., Naidu, R., & Megharaj, M. (2018, 2018/12/01/). Toxicity assessment of fresh and weathered petroleum hydrocarbons in contaminated soil- a review. *Chemosphere*, 212, 755-767. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.08.094>
- Komives, T., & Gullner, G. (2005, 03/01). Phase I xenobiotic metabolic systems in plants. *Zeitschrift für Naturforschung. C, Journal of biosciences*, 60, 179-185.

- Korenblum, E., & Aharoni, A. (2019). Phytobiome metabolism: beneficial soil microbes steer crop plants' secondary metabolism. *Pest Management Science*, 75(9), 2378-2384. <https://doi.org/10.1002/ps.5440>
- Koshlaf, E., & Ball, A. S. (2017). Soil bioremediation approaches for petroleum hydrocarbon polluted environments. *AIMS Microbiol*, 3(1), 25-49. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2017.1.25>
- Kulakow, P. A., Schwab, A. P., & Banks, M. K. (2000, 2000/10/01). Screening Plant Species for Growth on Weathered, Petroleum Hydrocarbon-Contaminated Sediments. *International Journal of Phytoremediation*, 2(4), 297-317. <https://doi.org/10.1080/15226510008500040>
- Kuppusamy, S., Thavamani, P., Venkateswarlu, K., Lee, Y. B., Naidu, R., & Megharaj, M. (2017, Feb). Remediation approaches for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contaminated soils: Technological constraints, emerging trends and future directions. *Chemosphere*, 168, 944-968. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.10.115>
- Kvesitadze, K. G., Sadunishvili T, Kvesitadze E. (2015). Plants for Remediation: Uptake, Translocation and Transformation of Organic Pollutants. . In *Plants, Pollutants and Remediation*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-94-017-7194-8_12
- Landmeyer, J. E. (2006). Monitoring the Effect of Poplar Trees on Petroleum-Hydrocarbon and Chlorinated-Solvent Contaminated Ground Water.
- Laughlin, R. B., Ng, J., & Guard, H. E. (1981). Hormesis: A Response to Low Environmental Concentrations of Petroleum Hydrocarbons. *Science*, 211(4483), 705. <https://doi.org/10.1126/science.211.4483.705>
- Ławniczak, Ł., Woźniak-Karczewska, M., Loibner, A. P., Heipieper, H. J., & Chrzanowski, Ł. (2020). Microbial Degradation of Hydrocarbons-Basic Principles for Bioremediation: A Review. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 25(4), 856. <https://doi.org/10.3390/molecules25040856>
- Leach, J. E., Triplett, L. R., Argueso, C. T., & Trivedi, P. (2017, May 4). Communication in the Phytobiome. *Cell*, 169(4), 587-596. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2017.04.025>
- Li, Q., Li, Y., Zhu, L., Xing, B., & Chen, B. (2017, 2017/04/10). Dependence of Plant Uptake and Diffusion of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons on the Leaf Surface Morphology and Microstructures of Cuticular Waxes. *Scientific Reports*, 7(1), 46235. <https://doi.org/10.1038/srep46235>
- Li, W.-W., & Yu, H.-Q. (2015, 2015/11/01/). Electro-assisted groundwater bioremediation: Fundamentals, challenges and future perspectives. *Bioresour Technol*, 196, 677-684. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.07.074>
- Limmer, M., & Burken, J. (2016, Jul 5). Phytovolatilization of Organic Contaminants. *Environ Sci Technol*, 50(13), 6632-6643. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b04113>
- Limmer, M. A., & Burken, J. G. (2014, 2014/02/11). Plant Translocation of Organic Compounds: Molecular and Physicochemical Predictors. *Environmental Science & Technology Letters*, 1(2), 156-161. <https://doi.org/10.1021/ez400214q>
- Liu, L. N., Bilal, M., Duan, X., & Iqbal, H. M. N. (2019, Jun 1). Mitigation of environmental pollution by genetically engineered bacteria - Current challenges and future perspectives. *Science of the Total Environment*, 667, 444-454. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.390>
- Liu, W. J., Duan, X. D., Wu, L. P., & Masakorala, K. (2018, 2018/03/01). Biosurfactant Production by *Pseudomonas aeruginosa* SNP0614 and its Effect on Biodegradation of Petroleum. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 54(2), 155-162. <https://doi.org/10.1134/S0003683818020060>

- Loehr, R. C., McMillen, S. J., & Webster, M. T. (2001). Predictions of Biotreatability and Actual Results: Soils with Petroleum Hydrocarbons. *Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management*, 5(2), 78-87. [https://doi.org/doi:10.1061/\(ASCE\)1090-025X\(2001\)5:2\(78\)](https://doi.org/doi:10.1061/(ASCE)1090-025X(2001)5:2(78))
- Lu, H., Sun, J., & Zhu, L. (2017, 12/01). The role of artificial root exudate components in facilitating the degradation of pyrene in soil. *Scientific Reports*, 7. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07413-3>
- Mackinnon, G., & Duncan, H. (2012, 07/21). Phytotoxicity of branched cyclohexanes found in the volatile fraction of diesel fuel on germination of selected grass species. *Chemosphere*, 90. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.06.038>
- Malini, S. S., & Maithily, K. (2017). Analysis of Oxidative Stress in Chronic Exposure to Petroleum Hydrocarbons in Karnataka, India. *Asia Pacific Journal of Medical Toxicology*, 6(1), 6-11. <https://doi.org/10.22038/apjmt.2017.8471>
- Marín, M. M., Smits, T. H., van Beilen, J. B., & Rojo, F. (2001). The alkane hydroxylase gene of *Burkholderia cepacia* RR10 is under catabolite repression control. *Journal of bacteriology*, 183(14), 4202-4209. <https://doi.org/10.1128/JB.183.14.4202-4209.2001>
- Martin, C. W., & Swenson, E. M. (2018). Herbivory of oil-exposed submerged aquatic vegetation *Ruppia maritima*. *PLoS One*, 13(12), e0208463. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208463>
- Massoni, J., Bortfeld-Miller, M., Jardillier, L., Salazar, G., Sunagawa, S., & Vorholt, J. A. (2020, 2020/01/01). Consistent host and organ occupancy of phyllosphere bacteria in a community of wild herbaceous plant species. *The ISME Journal*, 14(1), 245-258. <https://doi.org/10.1038/s41396-019-0531-8>
- Max, R. (2020). *Oil spills* <https://ourworldindata.org/oil-spills> [online resource]
- McKone, T. E., & Maddalena, R. L. (2007). Plant uptake of organic pollutants from soil: Bioconcentration estimates based on models and experiments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 26(12), 2494-2504. <https://doi.org/10.1897/06-269.1>
- McLoone, P., Dyussupov, O., Nurtlessov, Z., Kenessariyev, U., & Kenessary, D. (2019, Nov 11). The effect of exposure to crude oil on the immune system. Health implications for people living near oil exploration activities. *Int J Environ Health Res*, 1-26. <https://doi.org/10.1080/09603123.2019.1689232>
- Mishra, S., Sarma, P. M., & Lal, B. (2004, Jun 15). Crude oil degradation efficiency of a recombinant *Acinetobacter baumannii* strain and its survival in crude oil-contaminated soil microcosm. *Fems Microbiology Letters*, 235(2), 323-331. <https://doi.org/10.1016/j.femsle.2004.05.002>
- Mnif, I., & Ghribi, D. (2016). Glycolipid biosurfactants: main properties and potential applications in agriculture and food industry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(13), 4310-4320. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7759>
- Mounier, J., Hakil, F., Branchu, P., Naïtali, M., Goulas, P., Sivadon, P., & Grimaud, R. (2018). AupA and AupB Are Outer and Inner Membrane Proteins Involved in Alkane Uptake in *Marinobacter hydrocarbonoclasticus* SP17. *mBio*, 9(3), e00520-00518. <https://doi.org/10.1128/mBio.00520-18>
- Naga Raju, M., Ricardo, B., Kadiyala, V., Manjunatha, B., & Riofrio, A. (2016, 12/16). Removal of petroleum hydrocarbons from crude oil in solid and slurry phase by mixed soil microorganisms isolated from Ecuadorian oil fields. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 108, 85-90. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.12.015>

- Nichols, E., Cook, R., Landmeyer, J., Atkinson, B., Malone, D., Shaw, G., & Woods, L. (2014, 03/01). Phytoremediation of a Petroleum-Hydrocarbon Contaminated Shallow Aquifer in Elizabeth City, North Carolina, USA. *Remediation journal*, 24. <https://doi.org/10.1002/rem.21382>
- Nigam, K., Gupta, S., & Gupta, N. (2016, 01/10). Biosurfactants: Current Perspectives in Environmental Remediation. *Journal of Applied Life Sciences International*, 7, 1-19. <https://doi.org/10.9734/JALSI/2016/27308>
- Odukoya, J., Lambert, R., & Sakrabani, R. (2019). Understanding the Impacts of Crude Oil and its Induced Abiotic Stresses on Agrifood Production: A Review. *Horticulturae*, 5(2), 47. <https://www.mdpi.com/2311-7524/5/2/47>
- Oliveira, J. S., Araújo, W., Lopes Sales, A. I., Brito Guerra, A. d., Silva Araújo, S. C. d., de Vasconcelos, A. T. R., Agnez-Lima, L. F., & Freitas, A. T. (2015). BioSurfDB: knowledge and algorithms to support biosurfactants and biodegradation studies. *Database*, 2015. <https://doi.org/10.1093/database/bav033>
- Orocio-Carrillo, J., Rivera-Cruz, M., Aranda-Ibañez, E., Trujillo-Narcía, A., Hernández-Galvez, G., & Mendoza-López, M. (2019, 09/01). Hormesis under oil-induced stress in *Leersia hexandra* Sw. used as phytoremediator in clay soils of the Mexican humid tropic. *Ecotoxicology*, 28, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10646-019-02106-1>
- Ortega-Calvo, J. J., Marchenko, A. I., Vorobyov, A. V., & Borovick, R. V. (2003, Jun 1). Chemotaxis in polycyclic aromatic hydrocarbon-degrading bacteria isolated from coal-tar- and oil-polluted rhizospheres. *FEMS Microbiology Ecology*, 44(3), 373-381. [https://doi.org/10.1016/S0168-6496\(03\)00092-8](https://doi.org/10.1016/S0168-6496(03)00092-8)
- Ossai, I. C., Ahmed, A., Hassan, A., & Hamid, F. S. (2020, 2020/02/01/). Remediation of soil and water contaminated with petroleum hydrocarbon: A review. *Environmental Technology & Innovation*, 17, 100526. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100526>
- Panagos, P., Van Liedekerke, M., Yigini, Y., & Montanarella, L. (2013). Contaminated sites in Europe: review of the current situation based on data collected through a European network. *J Environ Public Health*, 2013, 158764. <https://doi.org/10.1155/2013/158764>
- Pandey, J., Verma, R., & Singh, S. (2019, 01/18). Suitability of aromatic plants for phytoremediation of heavy metal contaminated areas: a review. *International Journal of Phytoremediation*, 21, 1-14. <https://doi.org/10.1080/15226514.2018.1540546>
- Partovinia, A., & Rasekh, B. (2018, 2018/01/02). Review of the immobilized microbial cell systems for bioremediation of petroleum hydrocarbons polluted environments. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 48(1), 1-38. <https://doi.org/10.1080/10643389.2018.1439652>
- Patel, S., Homaei, A., Patil, S., & Daverey, A. (2019, Jan). Microbial biosurfactants for oil spill remediation: pitfalls and potentials. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(1), 27-37. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9434-2>
- Peixoto, R., Vermelho, A., & Rosado, A. (2011, 07/24). Petroleum-Degrading Enzymes: Bioremediation and New Prospects. *Enzyme research*, 2011, 475193. <https://doi.org/10.4061/2011/475193>
- Phillips, L. A., Greer, C. W., Farrell, R. E., & Germida, J. J. (2012, 2012/01/01/). Plant root exudates impact the hydrocarbon degradation potential of a weathered-hydrocarbon contaminated soil. *Applied soil ecology*, 52, 56-64. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.10.009>
- Pivetz, B. (2001, 02/01). Phytoremediation of contaminated soil and ground water at hazardous waste sites. EPA ORD Ground Water Issue, EPA/540/S-01/500. 37.

- Pollard, S. J. T., Hrudey, S. E., & Fedorak, P. M. (1994, 1994/04/01/). Bioremediation Of Petroleum- And Creosote-contaminated Soils: A Review Of Constraints. *Waste Management & Research*, 12(2), 173-194. <https://doi.org/https://doi.org/10.1006/wmre.1994.1007>
- Pornsunthorntawe, O., Wongpanit, P., Chavadej, S., Abe, M., & Rujiravanit, R. (2008, Apr). Structural and physicochemical characterization of crude biosurfactant produced by *Pseudomonas aeruginosa* SP4 isolated from petroleum-contaminated soil. *Bioresource Technology*, 99(6), 1589-1595. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.04.020>
- Rahman, K. S. M., Rahman, T. J., Kourkoutas, Y., Petsas, I., Marchant, R., & Banat, I. M. (2003, Nov). Enhanced bioremediation of n-alkane in petroleum sludge using bacterial consortium amended with rhamnolipid and micronutrients. *Bioresource Technology*, 90(2), 159-168. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00114-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00114-7)
- Ramadass, K., Mallavarapu, M., Kadiyala, V., & Naidu, R. (2018, 03/15). Bioavailability of weathered hydrocarbons in engine oil-contaminated soil: Impact of bioaugmentation mediated by *Pseudomonas* spp. on bioremediation. *Science of the Total Environment*, 636, 968-974. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.379>
- Ramadass, K., Palanisami, T., Smith, E., Mayilswami, S., Mallavarapu, M., & Naidu, R. (2016, 10/08). Earthworm Comet Assay for Assessing the Risk of Weathered Petroleum Hydrocarbon Contaminated Soils: Need to Look Further than Target Contaminants. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 71. <https://doi.org/10.1007/s00244-016-0318-0>
- Reilley, K. A., Banks, M. K., & Schwab, A. P. (1996). Dissipation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Rhizosphere. *Journal of Environmental Quality*, 25(2), 212-219. <https://doi.org/10.2134/jeq1996.00472425002500020002x>
- Renga Thavasi, T., Sharma, S., & Jayalakshmi, S. (2011, 01/01). Evaluation of Screening Methods for the Isolation of Biosurfactant Producing Marine Bacteria. *Journal of Petroleum and Environmental Biotechnology*, S1, 1-6. <https://doi.org/10.4172/2157-7463.S1-e001>
- Rentz, J. A., Alvarez, P. J. J., & Schnoor, J. L. (2004). Repression of *Pseudomonas putida* phenanthrene-degrading activity by plant root extracts and exudates. *Environmental Microbiology*, 6(6), 574-583. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2004.00589.x>
- Robinson, A. L., Donahue, N. M., Shrivastava, M. K., Weitkamp, E. A., Sage, A. M., Grieshop, A. P., Lane, T. E., Pierce, J. R., & Pandis, S. N. (2007, Mar 2). Rethinking organic aerosols: semivolatile emissions and photochemical aging. *Science*, 315(5816), 1259-1262. <https://doi.org/10.1126/science.1133061>
- Rohrbacher, F., & St-Arnaud, M. (2016, 03/09). Root Exudation: The Ecological Driver of Hydrocarbon Rhizoremediation. *Agronomy*, 6, 19. <https://doi.org/10.3390/agronomy6010019>
- Röling, W. F. M., Milner, M. G., Jones, D. M., Lee, K., Daniel, F., Swannell, R. J. P., & Head, I. M. (2002). Robust Hydrocarbon Degradation and Dynamics of Bacterial Communities during Nutrient-Enhanced Oil Spill Bioremediation. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(11), 5537. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.11.5537-5548.2002>
- Roossinck, M. J. (2019, 2019/08/01/). Viruses in the phytobiome. *Current Opinion in Virology*, 37, 72-76. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.coviro.2019.06.008>
- Rosenberg, M., Rosenberg, E., Judes, H., & Weiss, E. (1983). Bacterial Adherence to Hydrocarbons and to Surfaces in the Oral Cavity. *Fems Microbiology Letters*, 20(1), 1-5. <Go to ISI>://WOS:A1983RM74700001
- Ryerson, T. B., Aikin, K. C., Angevine, W. M., Atlas, E., Blake, D. R., Brock, C. A., Fehsenfeld, F., Gao, R. S., de Gouw, J., Fahey, D. W., Holloway, J., Lack, D., Lueb, R., Meinardi, S.,

- Middlebrook, A. M., Murphy, D. M., Neuman, J., Nowak, J., Parrish, D., & Watts, L. (2011, 04/01). Atmospheric emissions from the Deepwater Horizon spill constrain air-water partitioning, hydrocarbon fate, and leak rate. *Geophysical Research Letters*, *38*, L07803. <https://doi.org/10.1029/2011GL046726>
- Saleh-Lakha, S., Miller, M., Campbell, R., Schneider, K., Elahimanesh, P., Hart, M., & Trevors, J. (2005, 11/01). Microbial gene expression in soil: Methods, applications and challenges. *Journal of microbiological methods*, *63*, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2005.03.007>
- Sandermann, H. (1992, 1992/02/01/). Plant metabolism of xenobiotics. *Trends in Biochemical Sciences*, *17*(2), 82-84. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0968-0004\(92\)90507-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0968-0004(92)90507-6)
- Sandhu, A., Halverson, L., & Beattie, G. (2007, 03/01). Bacterial degradation of airborne phenol in the phyllosphere. *Environmental Microbiology*, *9*, 383-392. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2006.01149.x>
- Santos, D. K. F., Rufino, R. D., Luna, J. M., Santos, V. A., & Sarubbo, L. A. (2016). Biosurfactants: Multifunctional Biomolecules of the 21st Century. *International Journal of Molecular Sciences*, *17*(3), 401-401. <https://doi.org/10.3390/ijms17030401>
- Sari, C. N., Hertadi, R., Gozan, M., & Roslan, A. M. (2019, 2019/10/31). Factors Affecting the Production of Biosurfactants and their Applications in Enhanced Oil Recovery (EOR). A Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *353*, 012048. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/353/1/012048>
- Sarkar, J., Kazy, S. K., Gupta, A., Dutta, A., Mohapatra, B., Roy, A., Bera, P., Mitre, A., & Sari, P. (2016, Sep 21). Biostimulation of Indigenous Microbial Community for Bioremediation of Petroleum Refinery Sludge. *Frontiers in Microbiology*, *7*. <https://doi.org/ARTN140710.3389/fmicb.2016.01407>
- Scheublin, T., deusch, s., Moreno, S., Müller, J., Meer, J., & Leveau, J. (2013, 12/24). Transcriptional profiling of Gram-positive Arthrobacter in the phyllosphere: Induction of pollutant degradation genes by natural plant phenolic compounds. *Environmental Microbiology*, *16*. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12375>
- Schröder, P., & Collins, C. (2002, 2002/10/01). Conjugating Enzymes Involved in Xenobiotic Metabolism of Organic Xenobiotics in Plants. *International Journal of Phytoremediation*, *4*(4), 247-265. <https://doi.org/10.1080/15226510208500086>
- Schröder, P., Daubner, D., Maier, H., Neustifter, J., & Debus, R. (2008, 2008/10//). Phytoremediation of organic xenobiotics - Glutathione dependent detoxification in Phragmites plants from European treatment sites. *Bioresource Technology*, *99*(15), 7183-7191. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.12.081>
- Scoma, A., Yakimov, M. M., & Boon, N. (2016, 2016-August-03). Challenging Oil Bioremediation at Deep-Sea Hydrostatic Pressure [Mini Review]. *Frontiers in Microbiology*, *7*(1203). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01203>
- Semple, K. T., Reid, B. J., & Fermor, T. R. (2001). Impact of composting strategies on the treatment of soils contaminated with organic pollutants. *Environ Pollut*, *112*(2), 269-283. [https://doi.org/10.1016/s0269-7491\(00\)00099-3](https://doi.org/10.1016/s0269-7491(00)00099-3)
- Sergy, G. A., & Owens, E. H. (2011). Differences and Similarities in Freshwater and Marine Shoreline Oil Spill Response. *International Oil Spill Conference Proceedings*, *2011*(1), abs62. <https://doi.org/10.7901/2169-3358-2011-1-62>
- Shekhar, S., Sundaramanickam, A., & Balasubramanian, T. (2015, 2015/07/18). Biosurfactant Producing Microbes and their Potential Applications: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, *45*(14), 1522-1554. <https://doi.org/10.1080/10643389.2014.955631>

- Shiojiri, K., Kishimoto, K., Ozawa, R., Kugimiya, S., Urashimo, S., Arimura, G.-I., Horiuchi, J., Nishioka, T., Matsui, K., & Takabayashi, J. (2006, 12/01). Changing green leaf volatile biosynthesis in plants: An approach for improving plant resistance against both herbivores and pathogens. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *103*, 16672-16676. <https://doi.org/10.1073/pnas.0607780103>
- Singh, P., Jain, R., Srivastava, N., Borthakur, A., Pal, D. B., Singh, R., Srivastava, P., Tiwary, D., & Mishra, P. (2017, 04/04). Current and emerging trends in bioremediation of petrochemical waste: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, *47*. <https://doi.org/10.1080/10643389.2017.1318616>
- Snyder, S. M., Pulster, E. L., & Murawski, S. A. (2019). Associations Between Chronic Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Health Indices in Gulf of Mexico Tilefish (*Lopholatilus chamaeleonticeps*) Post Deepwater Horizon. *Environmental Toxicology and Chemistry*, *38*(12), 2659-2671. <https://doi.org/10.1002/etc.4583>
- Sobolev, D., & Begonia, M. (2009, 01/01). Effects of Heavy Metal Contamination upon Soil Microbes: Lead-induced Changes in General and Denitrifying Microbial Communities as Evidenced by Molecular Markers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *5*, 450-456. <https://doi.org/10.3390/ijerph5050450>
- Srogi, K. (2007). Monitoring of environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: a review. *Environmental chemistry letters*, *5*(4), 169-195. <https://doi.org/10.1007/s10311-007-0095-0>
- Stout, S. A., Payne, J. R., Emsbo-Mattingly, S. D., & Baker, G. (2016, Apr 15). Weathering of field-collected floating and stranded Macondo oils during and shortly after the Deepwater Horizon oil spill. *Mar Pollut Bull*, *105*(1), 7-22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.02.044>
- Tang, J., Wang, M., Wang, F., Sun, Q., & Zhou, Q. (2011, 2011/05/01/). Eco-toxicity of petroleum hydrocarbon contaminated soil. *Journal of Environmental Sciences*, *23*(5), 845-851. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(10\)60517-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1001-0742(10)60517-7)
- Thijs, S., Sillen, W., Rineau, F., Weyens, N., & Vangronsveld, J. (2016, Mar 16). Towards an Enhanced Understanding of Plant-Microbiome Interactions to Improve Phytoremediation: Engineering the Metaorganism. *Frontiers in Microbiology*, *7*. <https://doi.org/ARTN 34110.3389/fmicb.2016.00341>
- Thijs, S., Sillen, W., Weyens, N., & Vangronsveld, J. (2017). Phytoremediation: State-of-the-art and a key role for the plant microbiome in future trends and research prospects. *International Journal of Phytoremediation*, *19*(1), 23-38. <https://doi.org/10.1080/15226514.2016.1216076>
- Thoma, G. J., Lam, T. B., & Wolf, D. C. (2003). A mathematical model of phytoremediation for petroleum-contaminated soil: Model development. *International Journal of Phytoremediation*, *5*(1), 41-55. <https://doi.org/Doi 10.1080/16226510390856466>
- Thompson, I. P., van der Gast, C. J., Ciric, L., & Singer, A. C. (2005, Jul). Bioaugmentation for bioremediation: the challenge of strain selection. *Environmental Microbiology*, *7*(7), 909-915. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2005.00804.x>
- Tian, W., Yao, J., Liu, R., Zhu, M., Wang, F., Wu, X., & Liu, H. (2016, 2016/07/01/). Effect of natural and synthetic surfactants on crude oil biodegradation by indigenous strains. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *129*, 171-179. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.03.027>
- Tormoehlen, L. M., Tekulve, K. J., & Nañagas, K. A. (2014, 2014/06/01). Hydrocarbon toxicity: A review. *Clinical Toxicology*, *52*(5), 479-489. <https://doi.org/10.3109/15563650.2014.923904>

- Trapp, S., & Karlson, U. (2001, 2001/03/01). Aspects of phytoremediation of organic pollutants. *Journal of Soils and Sediments*, 1(1), 37. <https://doi.org/10.1007/BF02986468>
- Tremblay, J., Yergeau, E., Fortin, N., Cobanli, S., Elias, M., King, T. L., Lee, K., & Greer, C. W. (2017, Dec). Chemical dispersants enhance the activity of oil- and gas condensate-degrading marine bacteria. *ISME J*, 11(12), 2793-2808. <https://doi.org/10.1038/ismej.2017.129>
- Trindade, P. V. O., Rizzo, A., Leite, S., & Soriano, A. (2005, 02/01). Bioremediation of a Weathered and Recently Oil-Contaminated Soils from Brazil: A Comparison Study. *Chemosphere*, 58, 515-522. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.09.021>
- Truu, J., Truu, M., Espenberg, M., Nõlvak, H., & Juhanson, J. (2015, 06/26). Phytoremediation And Plant-Assisted Bioremediation In Soil And Treatment Wetlands: A Review. *The Open Biotechnology Journal*, 9, 85-92. <https://doi.org/10.2174/1874070720150430E009>
- Tyagi, M., da Fonseca, M. M. R., & de Carvalho, C. C. C. R. (2011, 2011/04/01). Bioaugmentation and biostimulation strategies to improve the effectiveness of bioremediation processes. *Biodegradation*, 22(2), 231-241. <https://doi.org/10.1007/s10532-010-9394-4>
- van Beilen, J. B., & Funhoff, E. G. (2007, Feb). Alkane hydroxylases involved in microbial alkane degradation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 74(1), 13-21. <https://doi.org/10.1007/s00253-006-0748-0>
- Van Hamme, J. D., Singh, A., & Ward, O. P. (2003). Recent Advances in Petroleum Microbiology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 67(4), 503. <https://doi.org/10.1128/MMBR.67.4.503-549.2003>
- Vangronsveld, J., Herzig, R., Weyens, N., Boulet, J., Adriaensen, K., Ruttens, A., Thewys, T., Vassilev, A., Meers, E., Nehnevajova, E., van der Lelie, D., & Mench, M. (2009, 2009/11/01). Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field. *Environmental Science and Pollution Research*, 16(7), 765-794. <https://doi.org/10.1007/s11356-009-0213-6>
- Vieira, S., Sikorski, J., Dietz, S., Herz, K., Schruppf, M., Bruelheide, H., Scheel, D., Friedrich, M. W., & Overmann, J. (2019, Oct 28). Drivers of the composition of active rhizosphere bacterial communities in temperate grasslands. *ISME J*. <https://doi.org/10.1038/s41396-019-0543-4>
- Vignier, J., Rolton, A., Soudant, P., Chu, F. L. E., Robert, R., & Volety, A. K. (2019, 2019/03/01/). Interactions between *Crassostrea virginica* larvae and Deepwater Horizon oil: Toxic effects via dietary exposure. *Environmental Pollution*, 246, 544-551. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.12.057>
- Walter V., S. C., Hausmann R. (2010). Screening Concepts for the Isolation of Biosurfactant Producing Microorganisms. In In: Sen R. (eds) *Biosurfactants. Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol 672. Springer, NY. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5979-9_1
- Wang, L.-Y., Ke, W.-J., Sun, X.-B., Liu, J.-F., Gu, J.-D., & Mu, B.-Z. (2014, 01/11). Comparison of bacterial community in aqueous and oil phases of water-flooded petroleum reservoirs using pyrosequencing and clone library approaches. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98. <https://doi.org/10.1007/s00253-013-5472-y>
- Wang, Y., Tian, Y., Han, B., Zhao, H.-b., Bi, J.-n., & Cai, B. (2007, 02/01). Biodegradation of phenol by free and immobilized *Acinetobacter* sp. strain PD12. *Journal of environmental sciences (China)*, 19, 222-225. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(07\)60036-9](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(07)60036-9)

- Wei, X. Y., Lyu, S. H., Yu, Y., Wang, Z. H., Liu, H., Pan, D. M., & Chen, J. J. (2017, Jul 28). Phylloremediation of Air Pollutants: Exploiting the Potential of Plant Leaves and Leaf-Associated Microbes. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/ARTN131810.3389/fpls.2017.01318>
- Weyens, N., Thijs, S., Popek, R., Witters, N., Przybysz, A., Espenshade, J., Gawronska, H., Vangronsveld, J., & Gawronski, S. W. (2015, Oct). The Role of Plant-Microbe Interactions and Their Exploitation for Phytoremediation of Air Pollutants. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(10), 25576-25604. <https://doi.org/10.3390/ijms161025576>
- Weyens, N., van der Lelie, D., Taghavi, S., & Vangronsveld, J. (2009, 08/19). Phytoremediation: plant-endophyte partnerships take the challenge Phytoremediation: plant-endophyte partnerships take the challenge.
- Wilson, N. G., & Bradley, G. (1996, Nov). The effect of immobilization on rhamnolipid production by *Pseudomonas fluorescens*. *Journal of Applied Bacteriology*, 81(5), 525-530. <Go to ISI>://WOS:A1996VR65900010
- Xie, Y., Yu, F., Wang, Q., Gu, X., & Chen, W. L. (2014, Mar). Cloning of Catechol 2,3-Dioxygenase Gene and Construction of a Stable Genetically Engineered Strain for Degrading Crude Oil. *Indian Journal of Microbiology*, 54(1), 59-64. <https://doi.org/10.1007/s12088-013-0411-2>
- Yang, W. C., & Wang, H. (1977, 1977/01/01/). Modeling of oil evaporation in aqueous environment. *Water Research*, 11(10), 879-887. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0043-1354\(77\)90076-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0043-1354(77)90076-8)
- Yates, J. R., 3rd. (2019, Jun 7). Proteomics of Communities: Metaproteomics. *J Proteome Res*, 18(6), 2359. <https://doi.org/10.1021/acs.jproteome.9b00276>
- Yu, H., & Huang, G. H. (2011, 2011/04/21). Isolation and Characterization of Biosurfactant-and Bioemulsifier-Producing Bacteria from Petroleum Contaminated Sites in Western Canada. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 20(3), 274-288. <https://doi.org/10.1080/15320383.2011.560981>
- Yuewen, D., & Adzibli, L. (2018, 01/01). Assessing the Impact of Oil Spills on Marine Organisms. *Journal of Oceanography and Marine Research*, 06. <https://doi.org/10.4172/2572-3103.1000179>
- Yutthammo, C., Thongthammachat, N., Pinphanichakarn, P., & Luepromchai, E. (2010, 2010/02/01). Diversity and Activity of PAH-Degrading Bacteria in the Phyllosphere of Ornamental Plants. *Microbial Ecology*, 59(2), 357-368. <https://doi.org/10.1007/s00248-009-9631-8>
- Zengel, S., Pennings, S. C., Silliman, B., Montague, C., Weaver, J., Deis, D. R., Krasnec, M. O., Rutherford, N., & Nixon, Z. (2016, 2016/07/01). Deepwater Horizon Oil Spill Impacts on Salt Marsh Fiddler Crabs (*Uca* spp.). *Estuaries and Coasts*, 39(4), 1154-1163. <https://doi.org/10.1007/s12237-016-0072-6>
- Zhang, C., Feng, Y., Liu, Y.-w., Chang, H.-q., Li, Z.-j., & Xue, J.-m. (2017, 2017/08/01/). Uptake and translocation of organic pollutants in plants: A review. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(8), 1659-1668. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61590-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61590-3)
- Zhang, L., & Kong, S.-C. (2012, 2012/05/01/). Multicomponent vaporization modeling of bio-oil and its mixtures with other fuels. *Fuel*, 95, 471-480. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.12.009>
- Zhang, Y., Wang, X., Li, X., Cheng, L., Wan, L., & Zhou, Q. (2015, 2015/02/01). Horizontal arrangement of anodes of microbial fuel cells enhances remediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(3), 2335-2341. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3539-7>

- Zhao, X., He, M., Shang, H., Yu, H., Wang, H., Li, H., Piao, J., Quinto, M., & Li, D. (2018, 2018/05/01/). Biomonitoring polycyclic aromatic hydrocarbons by *Salix matsudana* leaves: A comparison with the relevant air content and evaluation of environmental parameter effects. *Atmospheric Environment*, *181*, 47-53. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.03.004>
- Zhou, Q., & Hua, T. (2004, 2004/11/01). Bioremediation: A review of applications and problems to be resolved. *Progress in Natural Science*, *14*(11), 937-944. <https://doi.org/10.1080/10020070412331344601>
- Zhou, Y., Wei, J., Shao, N., & Wei, D. (2013). Construction of a genetically engineered microorganism for phenanthrene biodegradation. *Journal of Basic Microbiology*, *53*(2), 188-194. <https://doi.org/10.1002/jobm.201100322>
- Zock, J.-P., Rodríguez-Trigo, G., Pozo-Rodríguez, F., Barbera, J., Bouso, L., Torralba, Y., Antó, J., Gómez, F., Fuster, C., & Vereá-Hernando, H. (2007, 09/01). Prolonged Respiratory Symptoms in Clean-up Workers of the Prestige Oil Spill. *American journal of respiratory and critical care medicine*, *176*, 610-616. <https://doi.org/10.1164/rccm.200701-016OC>

Addendum: Selectie van planten en micro-organismen voor PKW sanering

Fytodegradatie en rhizodegradatie komen gelijktijdig voor en zijn complementaire mechanismen die betrokken zijn bij het afbreken van PKWs in de bodem. Fytodegradatie is het proces waarbij plantenwortels verbindingen afscheiden o.a. enzymen, zoals dehalogenases en oxygenases, en biosurfactanten, die PKWs respectievelijk direct en indirect afbreken. Van planten afkomstige biosurfactanten kunnen de afbraak versnellen door de verbindingen meer biobeschikbaar te maken of de mobiliteit van PKW-afbrekende bacteriën te versterken in het tweede mechanisme, rhizodegradatie genaamd. PKW-afbrekende micro-organismen verbruiken verontreinigingen als een bron van energie en voeding, waardoor ze worden afgebroken. Hun metabolische activiteit wordt versterkt door exsudaten van plantenwortels. Synergistisch geven ze plantenhormonen af die de groei en gezondheid van planten bevorderen, wat een essentiële positieve feedbacklus is om de planten PKW-afbrekende enzymen te laten afscheiden (Babu et al., 2019, Sivaram et al., 2018, Kidd et al., 2007). Bij fytoremediatie is daarom altijd een krachtige microbiële gemeenschap betrokken.

Een effectief en impactvol fytoremediatieproces vindt plaats wanneer zowel wortelafscheidings- als microbiële gemeenschappen worden gestimuleerd. Voorgestelde optimale bodemomstandigheden voor microbiële geassisteerde fytoremediatie zijn (Rohrbacher et al., 2016):

1. 30% bodemvocht
2. pH 6,5 en 7
3. 10-40% zuurstofgehalte
4. Laag klei- en slibgehalte voor de betreffende grondsoort

Planten en microben hebben complementaire PKW-afbrekende effecten waarbij ze verschillende soorten PKW kunnen afbreken, waarbij sommige gedurende de eerste 10 dagen meer dan 90% afbreken (Tabel S1).

Tabel S1: Planten gebruikt voor PKW fyto-remediatie en hun geassocieerde microorganismen.

Plant	Microorganismen	PKW afbraak	Klimaatzone	Referentie
<i>Lolium multiflorum</i> L. (Italiaans raaigras)	<i>Mycobacterium</i> sp <i>Bacillus</i> <i>Phenylobacterium</i> Endofyete <i>Psudeomonas putida</i> (Ph6 strain) <i>Sphingomonadales</i> (<i>Sphingomonas</i> , <i>Sphingobium</i>)	80% fenanthreen afbraken in de eerste 21 dagen en > 60 % pyreen 53% afbraak in de eerste 60 dagen (met <i>Mycobacterium</i> inoculatie)	Europa, Azië, N-Afrika	Guo <i>et al.</i> , 2017, Lue <i>et al.</i> , 2019, Sun, <i>et al.</i> , 2014, Thomas <i>et al.</i> , 2019
<i>Lolium perenne</i> (Frans raaigras)		28% pyreen afbraak tov controle	Europa, Azië, N-Afrika	D’Orazio <i>et al.</i> , 2012
<i>Festuca arundinacea</i> (Rietzwenkgras)	<i>Neotyphodium</i> endofyten (<i>N. coenophialum</i> , <i>N. uncinatum</i>) Consortium van <i>B. licheniformis</i> en <i>B. mojavensis</i>	bacteriële dehydrogenase activiteit; accumulatie in de plant verwaarloosbaar. ~ 95 % afbraak van 10 PAKs bij gebruik consortium ipv 1 stam	Europa, UK	Soleimani <i>et al.</i> , 2010, Eskandary <i>et al.</i> , 2017
<i>Sorghum bicolor</i> L. (Kafferkoorn)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	66-82% verwijdering van pyreen 90% en 61% van Fenanthreen en pyreen	Tropische en subtropische regio’s	Dubrovskaya <i>et al.</i> , 2017, Rostami <i>et al.</i> 2017, Cofield, <i>et al.</i> , 2007
<i>Medicago sativa</i> L. (Alfalfa)		32% pyreen afname tov controle	Mediterrane regio’s	D’Orazio <i>et al.</i> , 2012
<i>Brassica napus</i> (Koolzaad)		30% pyrene decrease vs control	Europa	D’Orazio <i>et al.</i> , 2012
<i>Glycine max</i> L (Sojaboon)	<i>Mycobacterium</i> sp.	93% pyrene afgebroken in de eerste 9 dagen (door sojaboon en maïze exsudaten)	Azië	Guo <i>et al.</i> , 2017
<i>Zea mays</i> (Maïs)	<i>Mycobacterium</i> sp <i>Pleurotus ostreatus</i> (mycorhizzen schimmel)	16 PAHs 36% verwijderd na 120 dagen. Micro-organisme geassocieerde afbraak tot 60%.	Europa	Guo <i>et al.</i> , 2017, Babu <i>et al.</i> , 2019, Kosnar <i>et al.</i> , 2017, Garcia-Sanchez, M. <i>et al.</i> , 2018
Wheat (Tarwe)	<i>Massilia</i> sp		Gematigd klimaat	Liu <i>et al.</i> , 2014, Babu <i>et al.</i> , 2019
<i>Populus trichocarpa</i> <i>Populus deltoides</i> cv. (Populier)	17 genera geïsoleerd, <i>Pseudomonas</i> maakte 42% uit van de hele collectie.	NA	Europa	Moore <i>et al.</i> , 2006
<i>Salix purpurea</i> , <i>Salix miyabeana</i> (Wilg)	Shift in bacterie samenstelling in de bulk bodem en minder in de rhizosfeer oiv PKW	NA	Europa	Tardif <i>et al.</i> 2016

Bibliografie van de referenties in de tabel

- Afzal, M. et al. (2010). Soil type affects plant colonization, activity and catabolic gene expression of inoculated bacterial strains during phytoremediation of diesel. [doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.12.040](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.12.040)
- Babu, AG. et al. (2019). Bioremediation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs): Current Practices and Outlook. P.K Arora (ed.), *Microbial Metabolism of Xenobiotic Compounds, Microorganisms for Sustainability 10*.
- Bell, TH, et al. (2013). Predictable bacterial composition and HC degradation in arctic soils following diesel and nutrient disturbance. *ISME*. DOI: [10.1038/ismej.2013.1](https://doi.org/10.1038/ismej.2013.1).
- Cofield, N., Schwab, A. P., & Banks, M. K. (2007). Phytoremediation of Polycyclic aromatic hydrocarbons in soil: Part I. Dissipation of Target Contaminants. doi.org/10.1080/15226510701603858
- Cristaldi A., et al. (2017). Phytoremediation of contaminated soils by heavy metals and PAHs. A brief review. *Eviron Tech & Innov.* 8:309-32. doi: [10.1016/j.eti.2017.08.002](https://doi.org/10.1016/j.eti.2017.08.002)
- D'Orazio, V., Ghanem, A., Senesi, N. (2012). Phytoremediation of pyrene contaminated soils by different plant species. doi.org/10.1002/clen.201100653
- Dubrovskaya, E., Pozdnyakova, N., Golubev, S., Muratova, A., Grinev, V., Bondarenkova, A., & Turkovskaya, O. (2017). Peroxidases from root exudates of *Medicago sativa* and *Sorghum bicolor*: catalytic properties and involvement in PAH degradation. *Chemosphere*. **169**:224-232. doi: [10.1016/j.chemosphere.2016.11.027](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.027)
- Gaskin, SE. & Bentham, RH. (2010). Rhizoremediation of hydrocarbon contaminated soil using Australian native grasses. *Sci. Total Environ.* doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.05.004
- Guo, M., Gong, Z., Miao, R., Rookes, J., Cahill, D., & Zhuang, J. (2017). Microbial mechanisms controlling the rhizosphere effect of ryegrass on degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in an aged-contaminated agricultural soil. *Soil Biol & Biochemistry*. **113**: 130-142. doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.06.006
- Guo, M., Gong, Z., Miao, R., Su, D., Li, X., & Jia, C. (2017). The influence of root exudates of maize and soybean on polycyclic aromatic hydrocarbons degradation and soil bacterial community structure. **99**: 22-30. *Ecol. Eng.* **99**: 22-30. doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.018
- Gurska J et al. (2009). 3 year field test of a plant growth promoting rhizobacteria enhanced phytoremediation system at a land farm for treatment of hydrocarbon waste. doi.org/10.1021/es801540h
- Jeelani, N. et al. (2017). Phytoremediation potential of *Acorus calamus* in soils co-contaminated with cadmium and PAHs. *Nat. Sci. Reports*. doi.org/10.1038/s41598-017-07831-3
- Kidd et al. (2007). Rhizosphere microbial community and hexachlorocyclohexane degradative potential in contrasting plant species. doi.org/10.1007/s11104-007-9475-2
- Lu, H., Wang, W., Li, F., & Zhu, L. (2019). Mixed-surfactant-enhanced phytoremediation of PAHs in soil: bioavailability of PAHs and responses of microbial community structure. *Sci. Total Environ.* **25**: 658-666. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.385
- Moore, F.P., et al. (2006). Endophytic bacterial diversity in poplar trees growing on BTEX-contaminated site: the characterisation of isolates with potential to enhance phytoremediation. [doi: 10.1016/j.syapm.2005.11.012](https://doi.org/10.1016/j.syapm.2005.11.012)
- Mrozik, A. & Piotrowska-Seget, Z. (2010). Bioaugmentation as a strategy for cleaning up soils contaminated with aromatic compounds. doi: [10.1016/j.micres.2009.08.001](https://doi.org/10.1016/j.micres.2009.08.001)

- Peng, A., Liu, J., Ling, W., Chen, Z., & Gao, Y. (2015). Diversity and distribution of 16S rRNA and phenol monooxygenase genes in the rhizosphere and endophytic bacteria isolated from PAH-contaminated sites. *Nat Sci Reports*. doi.org/10.1038/srep12173
- Peng, R. et al. (2014). Metabolic engineering of Arabidopsis for remediation of different polycyclic aromatic hydrocarbons using hybrid bacteria dioxygenase complex. *Metabol. Eng.* doi.org/10.1016/j.ymben.2014.09.005
- Ren, GC. et al. (2017). Enhanced phytoremediation of soils contaminated with PAHs by arbuscular mycorrhiza and rhizobium. *Int. J. Remediation*. [doi: 10.1080/15226514.2017.1284755](https://doi.org/10.1080/15226514.2017.1284755)
- Rohrbacher, F. & St-Arnaud, M. (2016). Root Exudation: The Ecological Driver of Hydrocarbon Rhizoremediation. *Agronomy*. doi.org/10.3390/agronomy6010019
- Soleimani, M., Afyuni, M., Hajabbasi, M.A., Nourbakhsh, F., Sabzalian, M., & Christensen, J. H. (2010). Phytoremediation of an aged petroleum contaminated soil using endophyte infected and non-infected grasses. [doi: 10.1016/j.chemosphere.2010.09.034](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.09.034)
- Sivaram, AK et al. (2018). Comparison of plants with C3 and C4 carbon fixation pathways for remediation of polycyclic aromatic hydrocarbon contaminated soils. *Nat. Sci. Reports*. **8**. doi.org/10.1038/s41598-018-20317-0
- Sun, K., Liu, J., Gao, Y., Jin, L., Gu, Y., & Wang, W. (2014). Isolation, plant colonization potential, and phenanthrene degradation performance of the endophytica bacterium *Pseudomonas* sp, Ph6-gfp. *Nat. Sci. Reports*. [doi: 10.1038/srep05462](https://doi.org/10.1038/srep05462)
- Thomas, F., Corre, E., & Cebren, A. (2019). Stable isotope probing and metagenomics highlight the effect of plants on uncultured phenanthrene-degrading bacterial consortium in polluted soil. *ISME*. **13**(7): 1814-1830. [doi: 10.1038/s41396-019-0394-z](https://doi.org/10.1038/s41396-019-0394-z)
- Yateem, A. (2013). Rhizoremediation of oil-contaminated sites: a perspective of the Gulf War environmental catastrophe on the State of Kuwait. [doi: 10.1007/s11356-012-1182-8](https://doi.org/10.1007/s11356-012-1182-8)

Fytoremediatie in het kader van het RESANAT-project – WP4

Evaluatierapport

1. Nieuwe kennis over fyto-remediatie	2
1.1. Mogelijk inoculum bij verontreiniging met minerale olie, PAK's en naftaleen	2
1.2. Afbraak van minerale olie en ketenlengte	2
1.3. Gebruik van phytopyles voor micro-organismen geassisteerde fyto-remediatie van minerale olie, PAK's en naftaleen	2
1.4. Monitoringstechnieken	3
2. Leerpunten	4
2.1. Organisatorisch	4
2.2. Technisch	4
2.3. Belangrijke elementen in de rapportage (meetstrategie / hypothese)	6
2.4. Financiële aspecten	6
3. Aanbevelingen voor code van goede praktijk fyto-remediatie	7
1.1 Met betrekking tot de verontreinigende stoffen	7
1.2 Met betrekking tot de haalbaarheid	7
1.3 Met betrekking tot de inrichting	7
1.4 Met betrekking tot de monitoring	8
4. Leemtes in de kennis	9
5. Nazorgplan	10
5.1. Zone 1: noordelijke terreinrand	10
5.2. Zone 2: Oeverzone van het Zidelings Vaartje	10
5.3. Zone 3: phytopyles	10

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

1. Nieuwe kennis over fyto remediatie

1.1. Mogelijk inoculum bij verontreiniging met minerale olie, PAK's en naftaleen

Uit de resultaten van het RESANAT-project leerden we dat de *Pseudomonas* sp. VI4.1 (ref: <https://www.mdpi.com/2073-4425/10/6/443>) uit de UHasselt-cultuurcollectie in combinatie met *Pseudomonas* RES11, geïsoleerd uit de RESANAT-site een goede mogelijkheid biedt om te inoculeren in geval van een verontreiniging met minerale olie, PAK's en naftaleen. De VI4.1 heeft een operon voor de afbraak van naftaleen, de RES11 breekt minerale olie af (n-alkanen).

1.2. Afbraak van minerale olie en ketenlengte

Uit de resultaten van het haalbaarheidsonderzoek blijkt dat verschillende op de RESANAT-site aangetroffen micro-organismen een verontreiniging met minerale olie kunnen afbreken en hierbij geen onderscheid maken in de ketenlengte.

1.3. Gebruik van phytopyles voor micro-organismen geassisteerde fyto remediatie van minerale olie, PAK's en naftaleen

Baggerspecie werd ontwaterd en begin oktober 2020 op hopen gezet van verschillende grootte (3m x5m x0,5m en 4m x8m x1,5m) met of zonder toplaag en passieve beluchting via drains.

De hopen werden ingezaaid met verschillende grassoorten op basis van de resultaten van een eerder uitgevoerde haalbaarheidsstudie. Naast frequente monitoring van de concentraties verontreinigende stoffen werd het afbraakpotentieel onderzocht met behulp van qPCR voor EUB en alkB. Bovendien werd via GC/MS en bepaling van diagnostische ratio's de afbraak via biologische processen onderzocht. De monitoring eindigde in juli 2022.

De phytopyle die niet was voorzien van een beluchtingsbuis en waarop geen toplaag was aangebracht, blijft het hoogste gehalte aan minerale olie bevatten. De kleinere hopen bleken ook lagere eindconcentraties minerale olie te vertonen in vergelijking met de grotere hopen. Met de qPCR-test werden geen specifiek aangepaste bacteriestammen opgepikt, wellicht door de zware belasting met PCR-remmers. Interpretatie van de diagnostische ratio's toonde aanwijzingen voor de afbraak van pyreen en fluorantheen. Na 18 maanden is er voor PAK's een afname van 52% tot 90% op een diepte van 15 cm en van 62% tot 89% op een diepte van 80 cm. Voor minerale olie is er een vermindering van 49% tot 70% op een diepte van 15 cm en van 43% tot 68% op een diepte van 80 cm. Voorts blijkt uit de resultaten dat inoculatie met geschikte micro-organismen leidt tot ongeveer 10% meer afbraak.

Zowel de haalbaarheidsstudie als de monitoring tonen aan dat minerale olie en PAK afbrekende micro-organismen van nature aanwezig zijn in met deze verbindingen verontreinigde sedimenten en in staat zijn de verontreinigende stoffen in geconstrueerde phytopyles te metaboliseren. Kleinere afmetingen en de aanwezigheid van passieve beluchting lijken deze processen te stimuleren, evenals inoculatie met geschikte micro-organismen.

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

Bijgevolg kan het gebruik van phytopyles en door micro-organismen gestimuleerde fyto-remediatie een bijzondere toegevoegde waarde bieden voor de behandeling van opgeruimd sediment en/of uitgegraven bodem. Dit is mogelijk ter plaatse in de oeverzone en vermindert de ecologische voetafdruk van de sanering.

1.4. Monitoringstechnieken

In situaties met een hoge verontreinigingsgraad en/of waarbij er een nalevering van verontreiniging plaatsvindt, zal het niet mogelijk zijn om op korte tijd een verbetering van de bodem- en grondwaterkwaliteit vast te stellen. Het is duidelijk dat het in deze gevallen van groot belang is om de efficiëntie en de effectiviteit van de fyto-remediatie als proces te kunnen vaststellen, indien mogelijk via een zogenaamde multi line of evidence, dus met verschillende technieken.

Op dit vlak heeft het RESANAT project sterk bijgedragen aan de evaluatie van verschillende technieken:

- qPCR
Aan de hand van qPCR analyses is het mogelijk om de aanwezigheid van specifieke afbraakgenen te onderzoeken. Dit geeft een beeld van het aanwezige fyto-remediatiepotentieel.
- GC/MS- analyses
 - GC/MS-analysen geven een kijk op de aanwezigheid van afbraakproducten. De zogenaamde diagnostic ratio's geven aan in hoeverre er sprake is van biodegradatie. Dit is mogelijk door verhoudingen van specifieke afbraakstoffen en de wijziging van deze verhoudingen in de tijd te vergelijken met de verwachte evoluties in het geval van biodegradatie.
 - GC/MS analyses geven ook een zicht op de aanwezigheid van specifieke metabolieten, verbindingen die ontstaan als gevolg van het metabolisme van de aanwezige micro-organismen.
- BACTRAP
De BACTRAP bevat een gelabelde doelverbinding die op dragermateriaal in de buis is aangebracht. Vervolgens wordt de BACTRAP geïnstalleerd in de peilbuis, en worden ze gekoloniseerd door micro-organismen. Als alles goed gaat, worden de gelabelde stoffen tijdens de biologische afbraak geassimileerd. Deze test kan meer absoluut bewijs leveren van biologische afbraak (multi-line-of-evidence) door de aanwezigheid van de gelabelde atomen te analyseren in biomoleculen (aminozuren, de bouwstenen van de eiwitten van het organisme).
- Phytoscreening aan de hand van treecores
Phytoscreening laat toe om de aanwezigheid van specifieke micro-organismen, afbraakstoffen en metabolieten vast te stellen binnen in de plant.

De hierboven beschreven monitoringstechnieken laten toe om bijvoorbeeld na te gaan of processen zoals rhizodegradatie en fyto-degradatie effectief aan de gang zijn. Het is niet voldoende om te weten dat er bijvoorbeeld een afbraakpotentieel is. Er dient ook effectief afbraak door micro-organismen te gebeuren.

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

2. Leerpunten

2.1. Organisatorisch

Zoals ook vermeld in de code van goede praktijk voor fytoremediatie is het haalbaarheidsonderzoek een belangrijke factor om fytoremediatie succesvol toe te passen.

De timing van het RESANAT-project liet echter niet toe om de resultaten van het haalbaarheidsonderzoek mee te nemen in het concept. Bijgevolg werd het concept opgesteld en ook de inrichting uitgevoerd voorafgaand aan de resultaten van het haalbaarheidsonderzoek. Voor de opmaak van het concept baseerde bio2clean zich op resultaten van haalbaarheidsonderzoeken uit andere projecten, op de reeds opgedane kennis en ervaring alsook de interpretatie van een uitgebreid terreinonderzoek. Hierdoor werden in het algemeen de juiste beslissingen genomen bij de opmaak van het concept en de inrichting van het terrein. Deze werden bevestigd door de resultaten van het haalbaarheidsonderzoek.

Bovendien heeft het haalbaarheidsonderzoek dat werd uitgevoerd door de U Hasselt ook een aanzienlijke vertraging opgelopen, onder meer te wijten aan de gevolgen van de COVID-pandemie. Ook in functie van het vervolgtraject met bijvoorbeeld het opstellen van de monitoringscampagne kwamen de conclusies van het haalbaarheidsonderzoek dus laat.

Fytoremediatie is een natuurgebaseerde techniek. De natuur heeft een eigen ritme (seizoenen, groeiperiodes, jaarlijkse schommelingen in de grondwaterstand, ...). Inrichting en beheer worden dan ook geënt op dit ritme. Zo is er bijvoorbeeld een specifieke plantperiode voor de bomen van november tot eind februari en dienen inoculaties bijvoorbeeld best te gebeuren in de periode vanaf begin april tot mei/juni. Bijgevolg zijn ook de acties voor de monitoring gelinkt aan specifieke periodes zeker als er hierbij een onderscheid moet worden gemaakt tussen de periode waarin planten minst of meest actief zijn.

Daarom is het belangrijk om bij dergelijke projecten, waarbij vaak verschillende uitvoerders zijn betrokken, een goede planning uit te werken en deze goed op te volgen. In praktijk blijkt het niet evident om zelfs met een goed en gedetailleerd uitgewerkte planning en een stipte opvolging en coördinatie alles ook effectief volgens plan te laten verlopen.

Een projecttermijn van drie jaar is kort voor fytoremediatie. Zeker omdat er in eerste fase vaak een uitgebreid haalbaarheidsonderzoek dient te gebeuren en er verder voldoende tijd nodig is voor inrichting, inoculatie en monitoring. Een nieuwe inrichting heeft ook een aantal maanden tot jaren nodig om zich te ontwikkelen vooraleer de effecten van deze inrichting op de verontreiniging duidelijk zichtbaar worden. De monitoring dient ook om het proces indien nodig bij te sturen. Gezien de korte projectperiode is dergelijke bijsturing in deze periode niet mogelijk. Zo startte de monitoring in 2021 en was de afronding van het project al in 2022.

We adviseren dan ook een vervolgtraject uit te stippelen om de evolutie en effecten, vooral in zone 1 en op het centrale deel van het carcoke terrein verder op te volgen.

2.2. Technisch

De standplaatseigenschappen en het kiezen van daarvoor geschikte planten zijn een belangrijke succesfactor in de toepassing van fytoremediatie.

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

Omdat er in de oorspronkelijk geselecteerde hoekzone te weinig verontreiniging aanwezig was, werd gekozen voor zone 1 aan de noordelijke rand van het terrein. In deze zone bleek echter een meters dikke puinlaag aanwezig die niet alleen de plantwerken hinderde maar ook nadelig is voor de evolutie van aangeplante populieren waardoor deze meer tijd nodig hebben om te ontwikkelen en de verontreiniging te bereiken. Indien nodig is het aangewezen om bij de aanplant betere groeiomstandigheden te creëren door bijvoorbeeld in de plantput mee compost in te mengen en/of voedingsstoffen toe te voegen via een infiltratiebuis.

In zone 1 was het nodig om de inrichting van de hydraulische barrière aan te passen aan de aanwezigheid van zowel de dikke puinlaag (fundering van de weg), de breedte van de weg en de aanwezigheid van ondergrondse leidingen. Deze aanpassing heeft een nadelig effect op de werking van de hydraulische barrière. We adviseren om deze breder te maken door bijkomende rijen aan te planten ten zuiden van de aangeplante rij populieren in zone 1.

In zone 2 (oever Zijdelins Vaartje) werd getracht in een specifieke zone een beplanting met Grote lisdodde aan te brengen tussen de bestaande rietvegetatie. In het concept werd oorspronkelijk gekozen voor het plaggen van deze zone om de dominante rietvegetatie zo veel als mogelijk te verwijderen. Omdat bij het plaggen echter ook een groot deel van de verontreinigde toplaag zou worden verwijderd, opteerden we uiteindelijk om de rietvegetatie in het voorjaar verschillende keren te branden zodat deze zich minder vlug ontwikkelt. Dit bleek echter niet voldoende om de aangeplante Grote lisdodde tot ontwikkeling te laten komen.

Uit literatuur blijkt dat zowel Gewoon riet als Grote lisdodde geschikt zijn voor fyto-remediatie voor de aanwezige verontreiniging. Zoals weergegeven in de code van goede praktijk is het dus vaak aangewezen om verder te werken met de reeds aanwezige vegetatie, zeker in het geval van dominante soorten. Voor het inmengen van andere soorten is het nodig om de aanwezige vegetatie zo goed mogelijk te verwijderen, bijvoorbeeld door te plaggen. De vrijgekomen verontreinigde grond kan dan alsnog elders op het terrein bijvoorbeeld in een phytopile verder aan de hand van fyto-remediatie worden gereinigd.

In het kader van de monitoring is de keuze van de staalnamepunten en locaties van de peilbuizen van groot belang. Hierbij dient men rekening te houden met de aanwezige verontreiniging, de grondwaterstromingssnelheid en -richting, alsook met de aanwezige planten. Omgevingsfactoren zoals aanwezigheid van puinfunderingen en ondergrondse leidingen kunnen de optimale keuze van de locaties voor peilbuizen en staalnames nadelig beïnvloeden.

Door de aanwezige puinlaag was het moeilijk om in zone 1 de wortelzone van de bestaande bomen te bereiken voor staalname in functie van monitoring. Daardoor werd de monitoring meer toegespitst op het grondwater en zijn de vastgestelde effecten niet met zekerheid toe te wijzen aan processen in de wortelzone. Het is nochtans in de wortelzone dat de meeste fyto-remediatie-effecten worden verwacht voor de betreffende verontreiniging met minerale olie en naftaleen.

We adviseren om in een vervolgtraject in zone 1 bijkomend monitoringsacties (met behulp van een graafmachine) uit te voeren in de wortelzone van zowel de bestaande bomen als van de nieuw aangeplante bomen.

2.3. Belangrijke elementen in de rapportage (meetstrategie / hypothese)

Welke factoren moeten worden meegenomen in een vooronderzoek of haalbaarheidsstudie. Welke meetstrategie en procesevaluatie is minimaal nodig om tijdig te kunnen bijsturen of het eindresultaat te kunnen borgen.

Factoren die het succesvol inzetten van fytoremediatie beïnvloeden zijn in de eerste plaats de omgevingscondities zoals bodemtype, pH, organische stofgehalte, nutriëntgehalte, aanwezigheid van ondoordringbare lagen, diepte en stromingssnelheid van het grondwater,

Een belangrijke factor is verder het selecteren van de juiste planten. De planten dienen geschikt te zijn voor de betreffende groeiplaatsomstandigheden en dienen naargelang de aard van de verontreinigende stoffen een impact te hebben op de opname, afbraak of vervluchtiging van de verontreiniging met verder een zo kleine mogelijke fytotoxiciteit. De aanwezigheid van puur product kan in dit verband nadelig zijn voor de fytoremediatie.

Heel wat van de hierboven beschreven aspecten kunnen we onderzoeken aan de hand van een haalbaarheidsstudie. Het is dan ook van belang om de resultaten van het haalbaarheidsonderzoek mee te nemen in het concept.

In de meetstrategie maken we een onderscheid tussen de enerzijds de monitoring die we specifiek in functie van de fytoremediatie uitvoeren en anderzijds de monitoring van de bodem- en grondwaterkwaliteit die door de Erkend bodemsaneringsdeskundige wordt uitgevoerd. Deze laatste is eerder een momentopname waarbij het effect van een aanplant en/of inoculatie pas in de latere fase zichtbaar wordt in de resultaten. De specifieke monitoring in functie van de fytoremediatie laat echter toe om in een vroeg stadium het bewijs te leveren van bijvoorbeeld de afbraak van organische verontreinigende stoffen. Hiermee krijgen we zicht op de verschillende processen en kunnen we indien nodig ook gaan bijsturen om deze processen te optimaliseren. Geschikte technieken hiervoor zijn onder andere:

- onderzoek naar micro-organismen (vb via qPCR)
- onderzoek naar afbraakproducten en metabolieten (vb via GC/MS)
- Isotoop-analysen (vb via BACTRAP)

2.4. Financiële aspecten

Het is kenmerkend voor fytoremediatie dat hiervoor meerdere jaren tijd nodig zijn. De staalnames tijdens de uitvoering dienen in aanvang vooral gericht te zijn op het monitoren van de verschillende processen in functie van het goede verloop en eventuele bijsturing van de sanering. Verbetering van de bodem- en grondwaterkwaliteit zal dan ook vaak na zekere tijd of tegen het einde van de sanering merkbaar zijn.

De frequentie van de staalnames en de aard van de analyses dienen voor elke situatie te worden geoptimaliseerd om de kosten voor monitoring haalbaar te houden.

3. Aanbevelingen voor code van goede praktijk fytoremediatie

In de code van goede praktijk voor fytoremediatie zijn volgende aanvullingen een meerwaarde:

1.1 Met betrekking tot de verontreinigende stoffen

Ook zwaardere oliefracties en naftaleen kunnen aan de hand van fytoremediatie worden verwijderd. Hiervoor kan worden verwezen naar de resultaten van het RESANAT project. Intussen kan het overzicht ook verder worden aangevuld met PFAS en bijhorende referenties.

1.2 Met betrekking tot de haalbaarheid

Het is belangrijk om de resultaten van het haalbaarheidsonderzoek mee te nemen in het concept en de planning hierop af te stemmen. Belangrijk om hierin mee te nemen zijn in de eerste plaats de omgevingscondities zoals bodemtype, pH, organische stofgehalte, nutriëntgehalte, aanwezigheid van ondoordringbare lagen, diepte en stromingssnelheid van het grondwater,

Een belangrijke factor is verder het selecteren van de juiste planten. De planten dienen geschikt te zijn voor de betreffende groeiplaatsomstandigheden en dienen naargelang de aard van de verontreinigende stoffen een impact te hebben op de opname, afbraak of vervluchtiging van de verontreiniging met verder een zo kleine mogelijke fytotoxiciteit. De aanwezigheid van puur product kan in dit verband nadelig zijn voor de fytoremediatie.

De uitwerking van het haalbaarheidsonderzoek is al vrij goed omschreven in de code van goede praktijk maar kan nog worden aangevuld met betrekking tot de aanwezigheid van puinlagen en de mogelijke gevolgen voor de aanleg en de ontwikkeling van de planten.

Een aantal aspecten die in de code van goede praktijk zijn beschreven bij het haalbaarheidsonderzoek waaronder het zoeken naar de meest geschikte micro-organismen voor het uitvoeren van de inoculatie kunnen indien gewenst in een latere fase worden uitgevoerd, ook na het afwerken van het concept. We adviseren om deze aspecten eerder te benoemen als optimalisatie-onderzoek. Het antwoord op deze vragen leidt niet tot een beslissing voor het al dan niet uitvoeren van fytoremediatie maar tot een hoger saneringsrendement.

1.3 Met betrekking tot de inrichting

Het is aangewezen om in de code van goede praktijk er de aandacht op te vestigen dat het inbrengen van soorten, ondanks de geschikte standplaatseigenschappen, in het geval van een reeds aanwezige dominante vegetatie een gepaste voorbereiding kan vergen. Dit kan bijvoorbeeld bestaan uit het plaggen van de bodem en/of het verwijderen van wortelresten.

Voor het aanleggen van phytopyles is het aangewezen richtlijnen op te nemen in de code van goede praktijk. Zo blijkt uit de resultaten van het RESANAT project dat kleinere piles een voordeel opleveren naar saneringsrendement evenals het gebruik van verluchtingsbuizen. Om de kieming en het vestigen van ingezaaide grassen te bevorderen is het aangewezen om een 5 cm dikke toplaag aan te brengen

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

bestaande uit composthoudende grond. In het RESANAT project werd hiervoor volgende samenstelling gebruikt: organisch bodemverbeterend middel samengesteld uit zandleem, groencompost en schorscompost.

1.4 Met betrekking tot de monitoring

In situaties met een hoge verontreinigingsgraad en/of waarbij er een nalevering van verontreiniging plaatsvindt, zal het niet mogelijk zijn om op korte tijd een verbetering van de bodem- en grondwaterkwaliteit vast te stellen. Het is duidelijk dat het in deze gevallen van groot belang is om de efficiëntie en de effectiviteit van de fyto-remediatie als proces te kunnen vaststellen, indien mogelijk via een zogenaamde multi line of evidence, dus met verschillende technieken.

Volgende technieken kunnen richtinggevend worden opgenomen in de code van goede praktijk voor fyto-remediatie:

- qPCR
Aan de hand van qPCR analyses is het mogelijk om de aanwezigheid van specifieke afbraakgenen te onderzoeken. Dit geeft een beeld van het aanwezige fyto-remediatiepotentieel.
- GC/MS- analyses
 - GC/MS-analysen geven een kijk op de aanwezigheid van afbraakproducten. De zogenaamde diagnostic ratio's geven aan in hoeverre er sprake is van biodegradatie. Dit is mogelijk door verhoudingen van specifieke afbraakstoffen en de wijziging van deze verhoudingen in de tijd te vergelijken met de verwachte evoluties in het geval van biodegradatie.
 - GC/MS analyses geven ook een zicht op de aanwezigheid van specifieke metabolieten, verbindingen die ontstaan als gevolg van het metabolisme van de aanwezige micro-organismen.
- BACTRAP
De BACTRAP bevat een gelabelde doelverbinding die op dragermateriaal in de buis is aangebracht. Vervolgens wordt de BACTRAP geïnstalleerd in de peilbuis, en worden ze gekoloniseerd door micro-organismen. Als alles goed gaat, worden de gelabelde stoffen tijdens de biologische afbraak geïmmergeerd. Deze test kan meer absoluut bewijs leveren van biologische afbraak (multi-line-of-evidence) door de aanwezigheid van de gelabelde atomen te analyseren in biomoleculen (aminozuren, de bouwstenen van de eiwitten van het organisme).
- Phytoscreening aan de hand van treecores
Phytoscreening laat toe om de aanwezigheid van specifieke micro-organismen, afbraakstoffen en metabolieten vast te stellen binnen in de plant.

Andere technieken kunnen evenwel worden gehanteerd als ze evenwaardig zijn en bijdragen aan de multi-line-of-evidence aanpak. Het is namelijk cruciaal om zicht te krijgen op de verschillende processen en het effect van de fyto-remediatie op de aanwezige verontreiniging. Op die manier is het mogelijk om indien nodig de sanering ook bij te sturen.

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB



4. Leemtes in de kennis

- Het is op dit ogenblik niet duidelijk of de aanwezige bomen en Duindoorn al dan niet verontreinigende stoffen vrijgeven via de bladeren en/of aanrijken in de bessen. Wij adviseren om dit te onderzoeken bij verderzetting en voor de opschaling van het fytoremediatieproject.
- Op dit moment is er nog steeds onduidelijkheid over de grondwaterstromingsrichting en -snelheid in randzone 1. Er zijn verschillen tussen de resultaten van de iFLUX-metingen en de resultaten van de hydrogeologische studie die onlangs werd uitgevoerd.

bio2clean bv

Mombeekdreef 44, 3500 Hasselt | +32 495 99 71 14
Karel Grimminckweg 2, 8978 Watou | +32 494 50 84 15
info@bio2clean.be | bio2clean.be

BTW BE 0640 844 356 | RPR Hasselt
IBAN BE70 7360 1906 6325 | BIC KREDBEBB

5. Nazorgplan

5.1. Zone 1: noordelijke terreinrand

De aangeplante populieren, Duindoorn en wilgen zullen zich verder ontwikkelen.

Er zijn geen specifieke beheerwerken nodig.

Het lijkt waardevol om de evolutie van de aanwezige verontreiniging en de vastgestelde afbraakprocessen ook in de toekomst nog verder op te volgen.

5.2. Zone 2: Oeverzone van het Zijdelings Vaartje

In de oeverzone maakten we gebruik van de aanwezige rietvegetatie. Er werd ook een aanplant uitgevoerd met Grote lisdodde maar deze is niet gelukt. Er dienen dan ook geen maatregelen te worden genomen om de verspreiding van Grote Lisdodde tegen te gaan.

In het kader van het RESANAT-project werden gedurende de looptijd van het project geen ruimingswerken uitgevoerd van het Zijdelings vaartje in de betreffende zone.

Na afloop van het project kan het normale beheer terug worden opgestart evenals de periodieke ruimingswerken.

De oeverzone blijft echter verontreinigd met minerale olie, PAK's en naftaleen. We adviseren de nodige maatregelen te nemen om het risico op verspreiding van de verontreiniging bij het uitvoeren van ruimingswerken te voorkomen.

5.3. Zone 3: phytowalls

De phytowalls werden na overleg met de verschillende betrokken partners zoals voorzien door Envisan verwijderd.

Kosten fytoremediatie noordzijde Carcoke terrein Zeebrugge (1.600 m2 obv pilot 400 m2)

		Aantal	Eenheid	Eenheidsprijs	Kosten
1.	Aanleg				
a.	Inrichting*	1	-	€ 40.000	€ 40.000
b.	Inoculatie	1	-	€ 45.000	€ 45.000
c.	Transport bus	2656	km	€ 0,63	€ 1.673
d.	Transport auto	5700	km	€ 0,63	€ 3.591
	Subtotaal				€ 90.264

* Toelichting inrichting: incl. aanplant, graafmachine, drainagebuis, metingen

		Aantal	Eenheid	Eenheidsprijs	Kosten
2.	Monitoring				
a.1	Metingen jaar 1 en 2	12	dagen	€ 800	€ 9.600
a.2	Metingen jaar 3-30*	56	dagen	€ 800	€ 44.800
b.1	Transport auto jr 1 en 2	3420	km	€ 0,63	€ 2.155
b.2	Transport auto jr 3-30	11200	km	€ 0,63	€ 7.056
c.1	Chemische analyses jr 1-2*	2	stuk	€ 10.000,00	€ 20.000
c.2	Chemische analyses jr 3-30**	28	stuk	€ 5.000,00	€ 140.000
	Subtotaal				€ 223.611

* Toelichting chemische analyses jr 1-2: 60 stalen op BTEX, C10-C40 en PAK

** Toelichting chemische analyses jr 3-30: 30 stalen op BTEX, C10-C40 en PAK

		Aantal	Eenheid	Eenheidsprijs	Kosten
3.	Onderhoud vegetatie				
a	Metingen aannemer jr 5-30 (2 pers)	12	dagen	€ 800	€ 9.600
b	Transporter jr 5-30	1200	km	€ 0,63	€ 756
c	Kettingzaag / bosmaaier (incl benzine)	12	dagen	€ 65,00	€ 780
	Subtotaal				€ 11.136

4. Algemene kosten, winst en risico

Subtotaal	% AKW&R	Totaal AKW&R
€ 325.011	15%	€ 48.752

5. Totale kosten over 30 jaar € 373.763

PILOOT 1

uitgaande van 1.600 m ² (400 m * 4 m) (in algemeen 4 keer hoeveelheden van pilot)	aanplant zone 1 (noordelijke terreinrand)			aanbrengen turf zone 1	
	ophalen planten	aanplant 05/03/2020		4-6-2020	
transport					
enkele afstand per rit (km)	70	48		48	
aantal ritten	4	4		4	
type transportmiddel	bestelwagen	bestelwagen		bestelwagen	
totaal km diesel	560	384		384	
aangeplant groen					
type		populier (2 jarig pootmateriaal)	Duindoorn	wilgenstekken	
hoeveelheid		68	400	240	
per ha (voor RWS model)		425	2500	1500	
gebruik van gemotoriseerd gereedschap					
soort		graafmachine			
aantal uren		32			
type brandstof		diesel			
gebruik van materialen					
type		palen	drainagebuis 80 mm (m)	turf	
hoeveelheid		68	240	12 m ³	
Bio2Clean transport voor aanleg en monitoring uitgaande van 1.600 m² (2 keer afstanden van pilot)			Auto		
		enkele afstand (km)	100	185	
	Jaar		Persoon 1	Persoon 2	Totaal
Aanleg	2019	controle terrein + opname vegetatie	1	0	
	2020	uitzetten aanplant	1	1	
	2020	begeleiding aanplant	2	4	
	2020	plaatsen infiltratiebuizen	2	2	
		Totaal km's diesel personenwagen	1200	2590	3790
Monitoring					
Monitoring gedurende eerste 2 jaar	2020	opmeten planten	1	1	
	2021	controle aanplant	1	1	
	2021	controle + staalname	1	1	
	2021	inoculatie	2	2	
	2022	controle + staalname	1	1	
	2020-2022	Totaal km's diesel personenwagen	1200	2220	3420
Monitoring gedurende volgende 28 jaar (jaarlijks)	2023-2050	Totaal km's diesel personenwagen	5600	5600	11200
		Totaal km's diesel personenwagen	6800	7820	14620
Onderhoud					
Gebruik van gemotoriseerd gereedschap, vijfjaarlijks	2025-2050				
soort		kettingzaag			
aantal uren		96			
type brandstof		benzine			
Groenbeheer, vijfjaarlijks	2025-2050				
soort		transporter			
enkele afstand per rit (km)		100			
totaal aantal km		1200			
type brandstof		diesel			



CO2 Footprint tool for soil & groundwater remediation

version 1.4.2-EN

Import screen

Enter the project data and click on the buttons to take out the import fields for the concerning component. Follow the questions and options for the concerning component and enter the correct data.

Project name	RESANAT WP4 Carcoke
Remediation alternative	Fytoremediatie als beheersvariant (obv piloot 1)
Date	3 april 2023
Data input by	Tobias Praamstra

General data contamination situation

Contamination volumes

m³ soil

m³ groundwater

Average contamination level

mg/kg ds soil

µg/l groundwater

(Remediation) Target value

mg/kg ds soil

µg/l groundwater

Legend

critical component in the model calculation

Short description remediation alternative

Saneringsduur: 30 jaar
Gebruik van diesel voor transport,
Inclusief onderhoud, milieukundige begeleiding en monitoring



Excavation soil

Excavation and processing of soil on site in depots

Use of excavating machine

h

Use of dumper

h

Use of shovel

h

Liner for depot

Liner Material

<< make a selection >>

Needed amount

m³

Thickness of liner

mm

Choose fuel type for used machinery

Application of a sheet pile wall

On site soil processing

Ex situ processing of soil

Other materials

Transport of soil (off site)

Transport for supply of materials

Groundwater extraction

Installation extraction wells

Choose type of calculation

Vertical wells

Depth 1 m

Depth 2 m

Depth 3 m

Depth 4 m

Number of wells

pieces

pieces

pieces

pieces

Well material

<< make a selection >>

<< make a selection >>

<< make a selection >>

<< make a selection >>

Well diameter

<< make a selection >>

<< make a selection >>

<< make a selection >>

<< make a selection >>

Drilling by use of

Horizontal drains

Drain length 1 m

Drain length 2 m

Drain length 3 m

Drain length 4 m

Number of drains

pieces

pieces

pieces

pieces

Well material

LDPE

<< make a selection >>

<< make a selection >>

<< make a selection >>

Drain diameter

90 mm

<< make a selection >>

<< make a selection >>

<< make a selection >>

Above ground piping

Pipe length 1 m

Pipe length 2 m

Pipe length 3 m

Pipe length 4 m

Number of pipes

pieces

pieces

pieces

pieces

Pipe material

<< make a selection >>

<< make a selection >>

<< make a selection >>

<< make a selection >>

Pipe diameter

<< make a selection >>

<< make a selection >>

<< make a selection >>

<< make a selection >>

Extraction

Transport for supply of materials

 Groundwater treatment

 In situ Air Sparging (AS) and Soil Vapor Extraction (SVE)

 In situ Multi Phase Extraction (MPE)

 In situ Chemical Oxidation (ISCO)

 In situ Bioremediation

 Phytoremediation

-  Construction Phytoremediation system
-  Operation and maintenance

Nutrient and other additives

Lime	<input type="text"/>	kg
Humus	<input type="text"/>	kg
Ammoniumphosphate	<input type="text"/>	kg
Ammoniumnitrate	<input type="text"/>	kg
Na-tri-phosphate	<input type="text"/>	kg

Harvesting/trimming biomass

Number of tractors	Mowing grass	Fuel type
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="8"/> h	<input type="text" value="Diesel"/>
Number of quad bikes	Period	Fuel type
<input type="text"/>	<input type="text"/> h	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>
Number of dumpers	Period	Fuel type
<input type="text"/>	<input type="text"/> h	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>
Chain saw	Period	Fuel type
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="96"/> h	<input type="text" value="gasoline"/>

CO2 sequestration/capture

Area biomass	Period
<input type="text"/> m2	<input type="text"/> y


 Transport

Fuel Use transportation	Transport vehicle type	Fuel type	Number of transport movements	Distance oneway trip/Hours
Supply of vegetation	<input type="text" value="Transporter with trailer"/> Choose type of transportation	<input type="text" value="Diesel"/>	<input type="text" value="4"/> number of rides	<input type="text" value="118"/> km
Supply of nutrients and other additives	<input type="text" value="Transporter with trailer"/> Choose type of transportation	<input type="text" value="Diesel"/>	<input type="text" value="4"/> number of rides	<input type="text" value="48"/> km
Disposal of biomass	<input type="text" value="Transporter with trailer"/> Choose type of transportation	<input type="text" value="Diesel"/>	<input type="text" value="8"/> number of rides	<input type="text" value="100"/> km
Equipment	<input type="text" value="<< make a selection >>"/> Choose type of transportation	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>	<input type="text"/> number of rides	<input type="text"/> km

 Reactive mat (Natural Catch)

 In situ Thermal treatment

 Supervision and monitoring

 Installation and operation process

	Number of transport movements	Distance oneway trip	Fuel type
Installation (distance 2 cars)	<input type="text" value="7"/> number of rides	<input type="text" value="285"/> km	<input type="text" value="Diesel"/>
Monitoring 1 (2 cars)	<input type="text" value="6"/> number of rides	<input type="text" value="285"/> km	<input type="text" value="Diesel"/>
Monitoring 2 (2 cars)	<input type="text" value="28"/> number of rides	<input type="text" value="200"/> km	<input type="text" value="Diesel"/>
Maintenance mechanic	<input type="text" value="6"/> number of rides	<input type="text" value="200"/> km	<input type="text" value="Diesel"/>

Installation monitoring wells

Choose type of calculation

Vertical wells

		Number of wells	Well material	Well diameter	Drilling by use of
Depth 1	<input type="text"/> m	<input type="text"/> pieces	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>
Depth 2	<input type="text"/> m	<input type="text"/> pieces	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>
Depth 3	<input type="text"/> m	<input type="text"/> pieces	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>	<input type="text"/>
Depth 4	<input type="text"/> m	<input type="text"/> pieces	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>	<input type="text"/>
Depth 5	<input type="text"/> m	<input type="text"/> pieces	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>	<input type="text"/>
Depth 6	<input type="text"/> m	<input type="text"/> pieces	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>	<input type="text"/>
Depth 7	<input type="text"/> m	<input type="text"/> pieces	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>	<input type="text"/>
Depth 8	<input type="text"/> m	<input type="text"/> pieces	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>	<input type="text" value="<< make a selection >>"/>	<input type="text"/>

 Monitoring / aftercare



CO2 Footprint tool for soil & groundwater remediation

version 1.4.2-EN

Output screen

The results on the output screen concern average values, the minimum and maximum values are given per part on the sheet "Calculations".

Project name	RESANAT WP4 Carcoke
Remediation alternative	Fytoremediatie als beheersvariant (obv pilot 1)
Date	3 april 2023
Data input by	Tobias Praamstra

Excavation Soil	2 ton CO₂	Groundwater extraction	1 ton CO₂	Groundwater treatment	0 ton CO₂
Excavation	2 ton CO ₂	System installation	1 ton CO ₂	Purification part	0 ton CO ₂
Handling	0 ton CO ₂	Extraction	0 ton CO ₂	Substances / chemicals	0 ton CO ₂
Materials	0 ton CO ₂	Transport	0 ton CO ₂	Waste products	0 ton CO ₂
Transport	0 ton CO ₂			Transport	0 ton CO ₂
In situ Air Sparging and SVE	0 ton CO₂	Multi phase extraction (MPE)	0 ton CO₂	ISCO	0 ton CO₂
System installation	0 ton CO ₂	System installation	0 ton CO ₂	System installation	0 ton CO ₂
Maintaining system	0 ton CO ₂	Maintaining system	0 ton CO ₂	Maintaining system	0 ton CO ₂
Oxidation reaction	0 ton CO ₂	Transport	0 ton CO ₂	Oxidator	0 ton CO ₂
Transport	0 ton CO ₂			Oxidation reaction	0 ton CO ₂
				Transport	0 ton CO ₂
In situ Bioremediation	0 ton CO₂	In situ Thermal treatment	0 ton CO₂	Supervision and Monitoring	5 ton CO₂
System installation	0 ton CO ₂	System installation	0 ton CO ₂	Transport supervision	5 ton CO ₂
Maintaining system	0 ton CO ₂	Maintaining system	0 ton CO ₂	Transport monitoring	0 ton CO ₂
Substrate and substances	0 ton CO ₂	Oxidation reaction	0 ton CO ₂	Well installation	0 ton CO ₂
Substrate reaction	0 ton CO ₂	Transport	0 ton CO ₂		
Transport	0 ton CO ₂				
Reactive mat	0 ton CO₂	Phytoremediation	3 ton CO₂		
Excavation	0 ton CO ₂	Construction System	0		
Materials	0 ton CO ₂	Operation and maintenance	1		
Installation system	0 ton CO ₂	Transport	1		
Transport	0 ton CO ₂				
Waste	0 ton CO ₂				
Removed load	0 kg	EMISSION :	10,2 ton CO₂		
Handled volume of soil	0 m³		1,1 Dutch household equivalents		
			0,0 ton CO₂ per kg removed contamination		
			0,0 ton CO₂ per m³ contaminated soil		

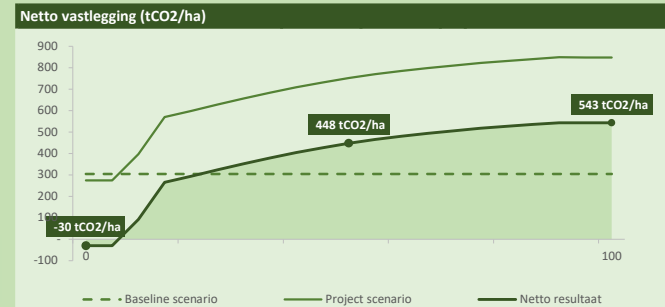
CO2-Vastlegging Beplanting

Locatie	
Bodem	Lemige zandgronden
Afvoer tak&tophout	0%

Baseline scenario	
Huidig landgebruik	Grasland

Project scenario	
Nieuw landgebruik	Bos

Opstandkenmerken nieuw bos	Teeltsysteem	Boniteit	Opp (%)	Aantal (N/ha)
Boomsort				
POPULIER	zonder dunning (4x4m)	I	68%	425
DOUGLAS	zwakke laagdunning (1,4x1,4m)	I	30%	1.500
<select>	<select>	-	-	-
<select>	<select>	-	-	-
<select>	<select>	-	-	-
<select>	<select>	-	-	-



Netto vastlegging (tCO2/ha)				
Jaar	Biomassa	HoutProd	Bodem	Totaal
0	-30	-	-	-30
10	106	-	-14	93
25	327	24	-28	324
50	453	23	-28	448
75	524	20	-28	517
100	554	17	-28	543

Netto substitutie (tCO2/ha)	
Jaar	Substitutie
0	-
10	-
25	59
50	134
75	191
100	233



- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.
- Stichting Probos en Face the Future aanvaarden geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Netto vastlegging (tCO2/ha)				
Jaar	Biomassa	HoutProd	Bodem	Totaal
0	-30	-	-	-30
5	-23	-	-7	-30
10	106	-	-14	93
15	269	17	-21	265
20	298	23	-28	294
25	327	24	-28	324
30	355	24	-28	352
35	382	24	-28	379
40	407	24	-28	404
45	431	23	-28	427
50	453	23	-28	448
55	470	23	-28	466
60	486	23	-28	481
65	500	22	-28	494
70	513	21	-28	506
75	524	20	-28	517
80	535	20	-28	527
85	545	19	-28	536
90	554	18	-28	544
95	554	18	-28	544
100	554	17	-28	543

Baseline vastlegging (tCO2/ha)				
Jaar	Biomassa	HoutProd	Bodem	Totaal
0	30	-	275	305
5	30	-	275	305
10	30	-	275	305
15	30	-	275	305
20	30	-	275	305
25	30	-	275	305
30	30	-	275	305
35	30	-	275	305
40	30	-	275	305
45	30	-	275	305
50	30	-	275	305
55	30	-	275	305
60	30	-	275	305
65	30	-	275	305
70	30	-	275	305
75	30	-	275	305
80	30	-	275	305
85	30	-	275	305
90	30	-	275	305
95	30	-	275	305
100	30	-	275	305

Project vastlegging (tCO2/ha)				
Jaar	Biomassa	HoutProd	Bodem	Totaal
0	-	-	275	275
5	7	-	268	275
10	136	-	261	398
15	299	17	254	570
20	328	23	248	599
25	357	24	248	629
30	385	24	248	657
35	412	24	248	684
40	437	24	248	709
45	461	23	248	732
50	483	23	248	753
55	500	23	248	771
60	516	23	248	786
65	530	22	248	799
70	543	21	248	811
75	554	20	248	822
80	565	20	248	832
85	575	19	248	841
90	584	18	248	849
95	584	18	248	849
100	584	17	248	848

Notitie

Contactpersoon Tobias Praamstra
Datum 31 maart 2023
Kenmerk N011-1265397TFP-V02

Beoordeling van carbon footprint en kosten van full-scale fyto remediatie noordelijke terreinrand Carcoke te Zeebrugge

1 Inleiding

Als we het hebben over Nature Based Saneringstechnieken dan wordt veelal verondersteld dat dit tevens de meest duurzame technieken zijn. Dat hoeft echter niet altijd het geval te zijn, aangezien een techniek daarvoor moet scoren op meerdere duurzaamheidsindicatoren binnen de dimensies 'People', 'Planet' en 'Prosperity'. Twee zwaarwegende duurzaamheidsindicatoren zijn kosten (een indicator voor 'Prosperity') en carbon footprint (een indicator voor 'Planet'). Bovendien zijn beide indicatoren kwantificeerbaar en kunnen daardoor objectief worden beoordeeld. In deze notitie zijn de carbon footprint en de kosten van een full-scale toepassing van pilootproef 1 op de Carcoke site doorgerekend.

2 Ontwerpgrondslagen fyto remediatie

Pilootzone 1 bevindt zich op de noordelijke terreinrand en behelst een fyto remediatievariant die dient om de aanwezige en instromende verontreiniging af te vangen en af te breken waardoor geen verdere verspreiding van verontreiniging mogelijk is. De totaal aangeplante oppervlakte bedraagt $100\text{ m} \times 4\text{ m} = 400\text{ m}^2$. Maar bij een full scale toepassing zou, als bio2clean de ruimte en de mogelijkheden (geen nutsleidingen, etc.) had gekregen, over een zone van 1.600 m^2 ($200\text{ m} \times 8\text{ m}$) fyto remediatie zijn toegepast. De door bio2clean vastgelegde data met betrekking tot CO_2 -relevante onderdelen voor de 400 m^2 grote piloot zijn daartoe opgeschaald tot een full-scale toepassing van 1.600 m^2 .

Er wordt uitgegaan van de aanplant van in totaal circa 700 stuks plantmateriaal in de vorm van populier (poten), duindoorn en wilgenstekken. Er hoeft voorafgaand aan de aanplant niet of nauwelijks vegetatie te worden verwijderd. Er is gebruik gemaakt van een graafmachine voor de aanplant. Er wordt 240 m aan drainagebuis geplaatst. Materialen en aanplant zijn aangevoerd per

bestelwagen/transporter en personen per personenwagen (verkenning, aanleg, monitoring en onderhoud).

De (beheers)maatregel wordt 30 jaar in stand gehouden. In de tussentijd wordt geen nieuwe vegetatie aangeplant, maar er wordt wel in de eerste 2 jaar onderhoud gepleegd rond de nieuwe aanplant (vrijstellen planten door middel van maaien). Daarna vindt er eens per 5 jaar onderhoud plaats in de vorm van snoeien/zagen. Het groenafval wordt op locatie gehouden in de vorm van bv een takkenwal.

Wat betreft de monitoring (staalname) zal deze in de eerste 3 jaren halfjaarlijks gebeuren en voor de rest van de saneringsduur jaarlijks.

In bijlage 1 zijn de ontwerpgrondslagen voor de carbon footprint in tabelvorm opgenomen.

3 Berekening carbon footprint

3.1 Inleiding

De carbonfootprint, althans de uitstoot, is bepaald met behulp van de CO₂-calculator voor bodemsaneringen van TAUW (versie 1.4.2). Aanvullend op de eerdergenoemde ontwerpgrondslagen onder hoofdstuk 2 is voor de CO₂-footprint rekening gehouden met:

- Het gebruik van fossiele brandstof voor voertuigen (transport en handling on- en off site)
- Het gebruik van fossiele brandstof voor gebruik van apparatuur, zoals graafmachine en kettingzaag
- Productie van gebruikte materialen (drainagebuis).

Voor de vastlegging van CO₂ is gebruik gemaakt van de 'CO₂-rekentool beplantingen Rijkswaterstaat' – versie 2.0 (januari 2020, Probos / Face the future). Uitgangspunten hierbij zijn:

- Oorspronkelijk grasland (baselinevastlegging) wordt omgevormd tot bos (projectvastlegging). De netto vastlegging = projectvastlegging - baselinevastlegging
- In het model is gerekend met populier en met douglas als substituut voor wilg; de wilg zit niet in het model, maar heeft vergelijkbare koolstofopslag als douglas
- Het model laat niet toe dat er ook nog duindoorn wordt meegenomen; dat heeft te maken met (1) een maximum eis van het aantal planten per oppervlakte-eenheid in het model (de aanplant in Zeebrugge zit hier nog boven) en (2) er geen keuzemogelijkheid in het model is voor een heester onder een boom. Hierdoor wordt mogelijk CO₂-vastlegging misgelopen. Dit wordt enigszins gecompenseerd door in het model nu niet te rekenen met het 5-jaarlijkse verlies van snoeiafval van populier en wilg waardoor opgeslagen CO₂ (op termijn) weer verloren zou gaan.

3.2 CO₂-footprint 'Fytoremediatie'

In bijlage 2 is de modelinvoer en -uitvoer van de CO₂-calculator voor bodemsaneringen van TAUW (versie 1.4.2) opgenomen van de fytoremediatie variant. De CO₂-uitstoot wordt geraamd op 10,2 ton CO₂ over 30 jaar.

Kenmerk N011-1265397TFP-V02

De vastlegging als gevolg van de aanwas van biomassa en hout wordt geraamd op 56,3 ton CO₂ over 30 jaar (=352 ton CO₂/ha voor 1.600 m²). Daarbij dient te worden opgemerkt dat pas na een periode van circa 5 jaar sprake is van een netto vastlegging, omdat als gevolg van de aanplant het oorspronkelijke grasland op deze strook verdwijnt, welke tevens een CO₂-vastlegging teweeg bracht en de nieuw aangelegde vegetatie initieel nog nauwelijks aanwas van biomassa en hout kent. In bijlage 3 is de modelinvoer en -uitvoer opgenomen van de 'CO₂-rekentool beplantingen Rijkswaterstaat'.

Netto wordt de CO₂-footprint van de fyto-remediatievariant geraamd op ongeveer -46 ton CO₂ na 30 jaar, oftewel een netto vastlegging. Hierbij dient dus opgemerkt te worden dat de netto vastlegging in werkelijkheid mogelijk nog wat hoger ligt als gevolg van de aanwezigheid van duindoorns.

3.3 Conclusie

Bij alternatieve saneringsvarianten zonder fyto-remediatie zal geen sprake zijn van een netto vastlegging van CO₂. Een alternatief voor de noordelijke rand van het Carcoke terrein zou hier een beperkte grondwateronttrekking met zuivering kunnen zijn, zoals uitgewerkt in het kader van werkpakket 3 voor de Lieve. Ter vergelijking was, voor een lengte van 100 meter ipv 200 meter maar met een veel grotere toestroomsnelheid van grondwater, sprake van een netto uitstoot van 430 ton CO₂ voor een periode van 30 jaar.

4 Berekening saneringskosten

De kostenraming is opgedeeld in een aanlegfase, de monitoring van de bodemkwaliteit (grond en/of grondwater) en het onderhoud van de vegetatie. De kosten voor de aanlegfase zijn gebaseerd op gegevens verstrekt door bio2clean (geëxtrapoleerd van 400 m² naar 1.600 m²). Voor de metingen van monitoring en onderhoud van vegetatie is een uurtarief van EUR 100 aangehouden. Voor de monitoring is uitgegaan van een jaarlijkse ronde met 60 stalen in de eerste twee jaar en 30 stalen in de daarop volgende 28 jaar die geanalyseerd worden op BTEX, C10-C40 en PAK. Na het initiële onderhoud gedurende de eerste 2 jaar wordt er vanuit gegaan dat onderhoud van vegetatie eens per 5 jaar dient plaats te vinden vanaf het jaar 2025, waarbij 2 personen ieder een dag arbeid verrichten (=2 mensdagen per 5 jaar). Er wordt geen groenafval afgevoerd; het groenafval wordt op de locatie verwerkt.

Tot slot is uitgegaan van:

- Een saneringsduur van 30 jaar
- 8% Algemene kosten; 7% winst en risico
- Rentepercentage 0%.

In bijlage 4 is een overzicht van de kostenraming opgenomen. De kosten van fyto-remediatie toegepast over een oppervlak van 1.600 m² en gedurende 30 jaar wordt geraamd op ongeveer EUR 375.000 (excl. btw). Omgerekend naar jaarlijkse kosten is dit ca. EUR 12.500. Dit is een laag bedrag voor een beheersing vergeleken met conventionele beheerstechnieken zoals P&T.

5 Conclusie

Op zowel het aspect kosten als CO₂-footprint scoort de toegepaste fyto-remediatie variant uitermate goed. Ook op nu niet nader bekeken duurzaamheidsaspecten zoals biodiversiteit, invloed op luchtkwaliteit, klimaatadaptatie, verbruik van energie (in welke vorm dan ook) en afvalproductie scoort deze variant goed. Hiermee is voldoende aannemelijk gemaakt dat de hier beschouwde nature based saneringstechniek een duurzame optie is.

Kenmerk N011-1265397TFP-V02

Bijlage 1 **Ontwerpgrondslagen voor de carbon
footprint fyto remediatie Carcoke
Zeebrugge**

Bijlage 2 **Modelinvoer en -uitvoer van de CO₂-
calculator voor bodemsaneringen van
TAUW (versie 1.4.2) voor
fytoremediatie Carcoke Zeebrugge**

Kenmerk N011-1265397TFP-V02

Bijlage 3 **Modelinvoer en -uitvoer van de CO₂-
rekentool beplantingen
Rijkswaterstaat' – versie 2.0 voor
fytoremediatie Carcoke Zeebrugge**

Kenmerk N011-1265397TFP-V02

Bijlage 4 **Overzicht kostenraming voor
fytoremediatie Carcoke Zeebrugge**